أسس علم البيئة النباتية

الأستاذ الدكتور عبد الفتاح بدر — الدكتور عبد العزيز عبد الله قاسم

قسم العلوم الطبيعية - كلية التربية

جامعة الملك عبد العزيز

مركز النشر العلمي

جامعة الملك عبد العزيز

ص ب ١٥٤٠ - جدة ٢١٤٤١

المملكة العربية السعودية

الطبعة الأولى : ١٤١٣هـ (١٩٩٣م)

جامعة الملك عبد العزيز -- عمادة شؤون المكتبات
بيان الفهرسة أثناء النشر

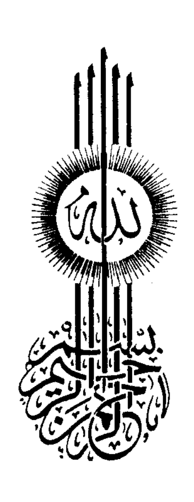
بدر ، عبد الفتاح .
أسس علم البيئة النباتية / عبد الفتاح بدر ، عبد العزيز عبد الله قاسم . -- ط ١ . -- جدة : جامعة الملك عبد العزيز ، مركز النشر العلمي ، ١٤١٣هـ .
١٩٠ ص : ايض ، ٢٤ سم
يشتمل على ثبت بالمصطلحات عربي / إنجليزي ، إنجليزي / عربي
ببليوجرافية .

١ . البيئة النباتية . أ . قاسم ، عبد العزيز عبد الله . ب . العنوان . جـ . جامعة الملك عبد العزيز ، مركز النشر العلمي .

٥٨١ر٤

مطابع جامعة الملك عبد العزيز

إلى هناء مع وافر تقديري واحترام
وتمنياتي بتحقيق كل ما تصبو إليه





تقديــــم

كان استغلال الإنسان لموارد الأرض على مدار العصور متماشيا مع مدى فهمه لهذه الموارد ومقدرته على استغلالها للوفاء بمتطلباته . وبرغم التقدم العلمي وتطور طرق دراسة الموارد الطبيعية على الكرة الأرضية واستغلالها وتقنيات استخداماتها المتعددة فإن الإنسان لايستخدم في حياته إلا النزر اليسير من هذه الموارد ، الأمر الذي يحتم على المتخصصين في مجال البيئة الاهتمام بهذه الموارد لدعم التنمية .

من هذا المنطلق فإن دراسة البيئة من الموضوعات الرئيسة التي اهتمت بها الجامعات ومعاهد العلم في مختلف بلدان العالم حتى صارت دراسة البيئة من العلوم الأساسية منذ أوائل القرن العشرين . ودراسة بيئة النبات من أهم المقررات التي تحرص الجامعات على تدريسها لطلاب علوم الحياة . فالنباتات هي مصدر الإنتاج البيولوجي للأرض الذي يعتمد بدوره على الوسط البيئي الذي تعيش به النباتات .

ويواجه دارسو البيئة في الجامعات العربية ندرة المؤلفات العربية في هذا المجال . لذلك فإن كتابة مؤلف في بيئة النبات يعد من الضرورات الملحة في هذا الوقت . فنحن الآن على أبواب القرن الحادي والعشرين ولابد أن نستقبله ونحن متأهبون بالعلم والمعرفة بلغتنا العربية ليسهل على الدارسين استيعاب العلم وتسخيره لخدمة المجتمع العربي . من أجل ذلك رأينا أن نقدم لطلاب علوم الحياة هذا المؤلف في أسس البيئة النباتية وحرصنا أن يغطي الموضوعات الأساسية لعلم البيئة النباتية .

يشتمل الكتاب على خمسة أبواب يتضمن الأول منها مقدمة عن علم البيئة وتعريفاته ، انتقلنا بعدها إلى النظام البيئي في الباب الثاني ، حيث تناولنا تركيب النظام البيئي وإنتاجيته ومسار الطاقة به ، أما الباب الثالث فيتعلق بالمجتمعات النباتية من حيث خصائصها وطرق دراستها وتغيراتها وبصفة خاصة التعاقب وأنواعه ومراحله . وفي الباب الرابع تناولنا بالتفصيل العوامل البيئية التي تؤثر على النبات في الوسط البيئي ، وهي عوامل المناخ والتربة والتضاريس والعوامل الأحيائية . ونظرا للاهتمام المتزايد بالأثر المتبادل بين الإنسان والبيئة فقد خصصنا الباب الخامس عن الإنسان والبيئة وناقشنا بصفة خاصة المشكلات البيئية المعاصرة والتي أجملناها في استنزاف موارد البيئة والتصحر وتلوث البيئة وسبل التغلب على هذه المشكلات وحماية البيئة .

ولا نزعم أننا بلغنا الكمال في وضع هذا المؤلف وحسبنا أننا بذلنا جهدا نرجو أن يعود بالفائدة على طلاب علوم الحياة في الجامعات العربية . ويكفينا شرف الاشتراك في دعم تدريس العلوم باللغة العربية حتى تكون أكثر يسرا لطلابنا في كليات التربية والعلوم والزراعة وكليات ومعاهد إعداد المعلمين . ونأمل أن يكون هذا الجهد حافزا لزملائنا في وضع مؤلفات في العلوم الطبيعية لإثراء المكتبة العربية .

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

المؤلفـــان

المحتويات



الباب الأول

مقدمة وتعريف

Introduction and Definition



علم البيئة Ecology هو أحد العلوم البيولوجية الأساسية ويتعلق بدراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية والوسط الذي تعيش فيه . ويعتبر هذا العلم من العلوم الحديثة ، فعلى الرغم من أن كلمة إيكولوجي مشتقة من الكلمة اليونانية Oikos ومعناها المسكن ، إلا أن العالم الألماني إرنست هايكل Earnst Haekel استخدمها لأول مرة سنة ١٨٦٩م ، وبرغم ذلك فإن علم البيئة لم يصبح علما قائما بذاته وله أساتذته ونظرياته إلا في بداية القرن العشرين حيث توافر رصيد علمي من المعلومات البيئية ساعد على إجراء الدراسات وفرض النظريات البيئية . وقد شاع استعمال كلمة البيئة في المقالات العلمية منذ نحو ستين عاما . والآن لم يعد هذا العلم يسترعي انتباه علماء البيئة أو أولئك الذين تستهويهم البيئة فقط ، بل شاع استخدام كلمة البيئة في الصحف والمجلات غير المتخصصة ، لأن كثيرًا من المشكلات التي تواجه العالم اليوم تهتم بدراستها العلوم البيئية Environmental Sciences مثل التلوث Pollution والتضخم السكاني Over population في كثير من مناطق العالم والاستخدام الرشيد للمصادر الطبيعية Natural resources . ولذلك فإن الدراية بالعلوم البيئية أصبحت ضرورة لكل إنسان في الوقت الراهن .

ويمكن تحديد مكان علم البيئة بالنسبة للدراسات البيولوجية مجتمعة بتعريف المستويات المختلفة التي تتضمنها هذه الدراسات والتي تكوّن مايسمى بالطيف البيولوجي Biological spectrum ، وهي كما يلي :

(١) دراسات على مستوى الجزيء Molecular biology .

(٢) دراسات على مستوى الخلية Cytology .

(٣) دراسات على مستوى الأعضاء Physiology .

(٤) دراسات على مستوى الفرد (البيئة الذاتية) Autoecology .

(٥) دراسات على مستوى التجمع لأفراد من نفس النوع أو من أنواع متقاربة (البيئة الاجتماعية) Population ecology .

(٦) دراسات على مستوى العشيرة Community أو دراسة البيئة الاجتماعية Synecology .

(٧) دراسات تشمل كل الكائنات الحية والعوامل التي تتحكم في وجودها وانتشارها وهي ما تعرف بالنظام أو الجهاز البيئي Ecosystem or ecological system .

(٨) دراسة البايوسفير Biosphere وهي دراسة الجزء ، الذي تعيش فيه الكائنات الحية ، من سطح الأرض والغلاف الجوي المحيط به .

والدراسات على المستويات الخمسة الأخيرة تعرف بالدراسات البيئية . وتتناول الدراسات على مستوى الفرد دراسة البيئة الذاتية لكل فرد من الكائنات الحية Indiviual organism ، حيث يتركز الاهتمام عادة بسلوك الفرد وتاريخ حياته وسبل تأقلمه مع البيئة التي يعيش فيها ، في حين تتركز الدراسات على مستوى تجمع الأفراد من نفس النوع Groups of indviuals أو تجمعات من كائنات متشابهة Populations ، أما دراسة البيئة الاجتماعية فتتناول كائنات مختلفة أو عددًا من الأنواع تتعايش معًا في مجتمعات أو عشائر Communities . وعند هذا المستوى يمكن اعتبار المجتمع جنبا إلى جنب مع الظروف الطبيعية التي يعيش بها أو مع الوسط الذي يعيش فيه Habitat وحدةَ تفاعلٍ Unit interraction مستقلةً تعرف بالنظام البيئي أو الجهاز البيئي Ecosystem وهو يمثل التجمعات من الكائنات الحية التي تحتل مساحة أو منطقة ما تحت الظروف البيئية السائدة في هذه المنطقة . ويعمل المجتمع الأحيائي Biotic community مع الوسط البيئي غير الحي Abiotic environments معا كنظام بيئي . أما النظام البيولوجي الأكبر المسمى بالمحيط الحيوي Biosphere فيشمل كل الكائنات الحية على كوكب الأرض وتفاعلها مع الوسط الطبيعي Physical environments بحيث يبقى هذا النظام في حالة ثبات من حيث الطاقة .

والدراسات البيئية تجرى طبقا لوجهات نظر مختلفة يُكمل بعضها بعضا ، فمنها الدراسة الاستاتية Static (أي دراسة ما هو موجود كتركيب العشيرة أو الجهاز البيئي) ومنها الدراسة الدينامية Dynamic (أي دراسة التعاقب أو التغير في المجتمع والنظام البيئي) ومنها الدراسة التطورية Developmental (أي دراسة ظهور أنواع جديدة في المجتمع والنظام البيئي) .

ومن المعروف أن علم البيئة هو أحد الأقسام الرئيسة لعلوم الحياة والتي تتعلق بمختلف الكائنات الحية دون النظر إلى وضعها التصنيفي Taxonamic position ، فهي لاتختص بمجموعة واحدة من الكائنات . ويعتبر هذا العلم بمثابة جزء أساسي لايمكن الاستغناء عنه لدراسة كل الكائنات الحية بغض النظر عن وضعها التصنيفي إلا أن كل مجموعة تصنيفية تحتاج في دراستها البيئية إلى وسائل وطرق وإمكانيات مختلفة ، ولذلك فإن علم البيئة قد يهتم بدراسة بيئة إحدى المجموعات التصنيفية ، فهناك البيئة النباتية Plant ecology وبيئة الحيوان Animal ecology .

والباحث في علم البيئة لابد وأن يلم بالعديد في مجالات المعرفة لما لهذا العلم من اتصالات وثيقة بباقي العلوم الأخرى ، مثل علم وظائف الأعضاء والوراثة والخلية والتصنيف ... إلخ . فالباحث البيئي مثلا يهتم بسلوك الكائنات وتوزيعها في أماكن معيشتها ، إلا أنه يجب أن يهتم أيضا – وإن كان بدرجة أقل – بالعوامل الوراثية التي يتسبب عنها تباين في الشكل والتوزيع لنوع واحد أو جنس واحد من الكائنات الحية . وبالطبع فإن الاهتمام بمعرفة الوسط الخارجي الذي يحيط بالفرد وتأثيره عليه – وهو ما تتناوله الدراسات البيئية – قد ينتج عنه الحصول على معلومات عما يجري بداخل أعضاء الفرد وأنسجته وخلاياه .

ومجال الدراسات البيئية أصبح في وقتنا الحاضر يستند إلى الكثير من العلوم الطبيعية ، فالتقدم في مجال الكيمياء والفيزياء والرياضيات يمد الدراسات البيئية بتقنيات ذات أثر كبير في تطوير الأفكار البيئية واستنباط نظريات جديدة . وأيضا فإن علوم المناخ والجيولوجيا ذات علاقة وثيقة بالدراسات البيئية . وعلى الباحث في علم البيئة أن يكون ملماً بأساسيات هذه العلوم لما لهما من أثر على الكائنات الحية .

وتنقسم الدراسات البيئية ، في الغالب ، إلى أربعة أقسام رئيسة هي :

(١) بيئة النوع Species ecology .

(٢) بيئة التجمع Population ecology .

(٣) بيئة العشيرة Community ecology .

(٤) بيئة النظام البيئي Ecosystem ecology .

وبالطبع فإن الدراسات البيئية تقسَّم طبقا لطبيعة الكائنات التي تجرى الدراسة عليها ، إلا أن الاتجاه الحديث هو دراسة بيئة الكائنات مجتمعة ، بل إن الدراسات البيئية قد أصبحت أكثر شمولا ؛ إذ تتضمن كل ماهو حي وغير حي في منطقة ما ، أي دراسة مايسمى بالنظم البيئية Ecosystems .

وسوف نتناول – بمشيئة الله تعالى – عددا من الموضوعات تتعلق بتركيب النظم البيئية والمجتمعات النباتية وديناميتها . كذلك سنتعرض للعوامل البيئية التي تؤثر على الكائنات الحية ، وبصفة خاصة الكائنات النباتية . كما سنتعرض لبعض المشكلات البيئية وعلاقتها بالإنسان ، وسوف نقدم لعلم الفلورا الذي يعد أحد المصادر الطبيعية ذات الأهمية الاقتصادية ولارتباطها الوثيق بعلم البيئة النباتية .



الباب الثاني

النظام البيئي

The Ecosystem



يعرَّف تعايش الكائنات الحية معا وتفاعل بعضها مع بعض ومع موارد البيئة والوسط البيئي الذي تعيش فيه في أية مساحة على الكرة الأرضية بالنظام البيئي . فالبيئة تؤثر في النباتات التي تعيش فيها كما أن للنباتات التي تستوطن تلك البيئة ارتباطا وثيقا بحياة الإنسان وأنواع الحيوانات التي تعيش بها .

ومن البديهي أن توجد علاقات متبادلة فيما بين الكائنات الحية وفيما بينها وبين موارد البيئة غير الحية . فالكائنات الحية تستهلك من موارد البيئة من بعض النواحي وتضيف إليها من نواح أخرى وتغير من خصائصها بالنفع أو الضرر تبعا لضروب الأنشطة التي تمارسها فيها . كما أن موارد البيئة والظروف البيئية في مكان ما هي التي تحدد أنواع الكائنات التي تستوطن هذا المكان وصفاتها ، وعليها تتوقف حياتها وازدهارها وتكاثرها لاستمرار بقائها . فالكائنات الحية وما يحيط بها من مكونات غير حية وظروف بيئية لما بينها من تأثيرات وتفاعلات متبادلة تمثل نظاما تُتبادل فيه المادة بين الكائنات الحية والمكونات غير الحية في دورة متكاملة . والنظام البيئي هو أكبر وحدة فعالة في الدراسات البيئية . ويتم دراسة هذا النظام في مساحات وظروف مختلفة ، فالصحاري والغابات والبحيرات والمحيطات هي نظم بيئية متكاملة جديرة بالدراسة ليس على المستوى العالمي فقط بل على المستوى المحلي أيضا .

تركيب النظام البيئي

Structure of the Ecosystem

من المعلوم أن الحيوانات والكائنات الخالية من الكلوروفيل تعتمد في غذائها على النباتات الخضراء وأن هذه النباتات الخضراء تعتمد على المواد الخام الموجودة في محلول التربة وعلى الطاقة الشمسية . والكائنات الحية في مجموعها تكون في النظام البيئي مايسمى بالمكون الحي The biotic component ، أما الموادُّ الخام في التربة والطاقةُ الشمسية فتكوِّن ما يعرف بالمكون غير الحي The abiotic component . وتتكون المكونات الحية من ثلاثة مستويات هي الكائنات المنتجة The producers والكائنات المستهلكة The consumers والكائنات المحللة The decomposers .

أولا : المكونات غير الحية

وهي العناصر والمواد الأولية التي تتكون منها التربة والطبقة السفلى من الهواء الجوي الذي يحيط بها ، بالإضافة إلى الطاقة الضوئية المنبعثة من الشمس والتي تصل إلى سطح الأرض . وهذه العناصر مجتمعة تكوِّن ما يسمى بمستودع الغذاء في النظام البيئي .

أ - التربــــة

التربة هي الأجسام الطبيعية التي تدعم النباتات على سطح الأرض وتمتد لبضعة أمتار من سطح القشرة الأرضية . وتتراوح أشكالها بين الصخور الكبيرة والحبيبات الدقيقة الناتجة من تأثير التقلبات المناخية . وتتكون التربة من أربعة مواد أساسية تشكل هيكلها ، وهي : جسيمات معدنية Mineral particles ومواد عضوية Organic matter وماء Water وهواء Air . وتختلف نسبة هذه المكونات من تربة إلى أخرى . وبصفة عامة ، يمكن القول إن المواد المعدنية تكون نسبتها نحو ٤٥٪ من التركيب الحجمي للتربة . وهي تدعم النباتات كما أن العناصر المعدنية بها تذوب في الماء فيمتصها النبات وهي ضرورية لنموه . ويشكل كل من الماء والهواء نحو ٢٥٪ من حجم التربة في حين تشكل المواد العضوية نحو ٥٪ فقط من حجم التربة . والهواء ضروري لتنفس جذور النباتات والمواد العضوية تدخل في تركيب المركبات التي يحتاجها النبات للنمو والتكاثر .

ب - الهـــواء الجـــوي

يتكون الهواء الجوي في طبقة الغلاف الجوي المحيطة بالأرض من مزيج من الغازات يشكل النتروجين ٧٨٪ منها والأكسجين ٢٠,٩٪ والأرجون ٠,٩٪ . كما يشمل أيضا ٠,٠٣٪ ثاني أكسيد الكربون وكميات قليلة من النيون والهيليوم والميثان والكريبتون والهيدروجين . وفضلا عن ذلك يحتوي الهواء على بخار ماء تتراوح نسبته بين صفر و ٤٪ من حجم الهواء . وغازات الهواء الجوي ذات التأثير على الكائنات الحية هي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون ، فالأكسجين ضروري لعملية التنفس Respiration وثاني أكسيد الكربون ضروري لعملية البناء الضوئي Photosynthesis التي تقوم بها النباتات .

جـ - الأشعــة الشمسيـــة

يصل ضوء الشمس إلى الكرة الأرضية في صورة موجات كهرومغنطيسية Electromagnetic waves يقاس طولها بالمليميكرون (وهو جزء من المليون من المليمتر) .

والأشعة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض تساوي ٤٣٪ فقط من الإشعاع الشمسي ،

حيث ينعكس نحو ٤٢٪ من هذا الإشعاع في الفضاء الخارجي في حين يمتص الغلاف الجوي نحو ١٥٪ منه . والأشعة الشمسية ذات أطوال موجية وألوان مختلفة وتسمى بالطيف الشمسي ، وتنقسم إلى أشعة مرئية Visible وأشعة غير مرئية Unvisible .

والأشعة المرئية يتراوح طولها الموجي بين ٣٨٠ و ٧٦٠ مليميكرون ويبدو في المطياف Spectroscope من البنفسجي إلى الأحمر ، وبالرغم من أن الضوء المرئي يشكل جزءًا صغيرًا من طيف الأشعة الشمسية فإنه ينقل ٤٦٪ تقريبا من الطاقة الشمسية . ومن الضوء المرئي تمتص صبغةُ الكلورفيل (اليخضور) الطاقةَ اللازمة لعملية البناء الضوئي وبها تتمكن النباتات من صنع الغذاء . ومن المعروف أن النباتات الخضراء تستطيع النمو عندما تتلقى موجات من الضوء المرئي فقط .

أما الأشعة غير المرئية فتشمل الأشعة فوت البنفسجية Ultraviolet وطول موجتها أقصر من ٣٨٠ مليميكرون والأشعة دون الحمراء Infrared وطول موجتها أكثر من ٧٦٠ مليميكرون . والأشعة فوت البنفسجية شديدة التأثير في بعض التفاعلات الكيميائية وذات ضرر بالغ على الخلايا الحية . ومن لطف الله تعالى أن أكثر من ٨٠٪ من هذه الأشعة ، وخاصة تلك التي يقل طول موجتها عن ٢٨٠ مليميكرون تمتصه طبقة الأوزون التي توجد على ارتفاع يتراوح بين ١٠ و ٥٠ كيلومترًا فوق سطح الأرض . وهذه الأشعة مسؤولة جزئيا عن ظاهرة الانتحاء الضوئي Phototropism ، كما أنها تحد من نشاط هرمونات النمو ، الأمر الذي يسبب قصر سيقان النباتات . وإذا تلقى سطح الأرض نسبة مرتفعة من هذه الأشعة فإن الكائنات الحية تتأذى بسبب ذلك .

أما الأشعة دون الحمراء فهي المصدر الرئيس للطاقة التي ترفع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض . ولا يزيد طول موجة الأشعة دون الحمراء التي تستقبلها الأرض من الشمس على ٣٠٠٠ مليميكرون وتسمى الأشعة دون الحمراء القريبة ويقوم سطح الأرض برد جزء من هذه الأشعة . ويكون طول موجة الأشعة التي تردها الأرض أكثر من ٣٠٠٠ مليميكرون وتسمى الأشعة دون الحمراء البعيدة . وتسمى بالإشعاع الأرضي Terrestial radiation وعلاوة على التأثير الحراري للأشعة دون الحمراء فإن لها تأثيرا في هرمونات الإنبات وفي الاستجابة للفترات الضوئية (طول النهار) .

ويتركز وجود الكائنات الحية على الأرض في طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تسمى المحيط الحيوي Biosphere وهو مصطلح وضعه العالم النمساوي Suess سنة ١٨٧٥م ، ولكنه أخذ معنى علميا بعد دراسات فرنادسكي Vernadesky (١٩٢٦ – ١٩٢٩م) . وكما عرفه فرنادسكي فالمحيط الحيوي هو الغلاف الذي توجد فيه الحياة على الأرض وتشمل حدوده جزءا من الغلاف الجوي Atomsphere وجزءا من القشرة الأرضية Pedosphere والغلاف المائي Hydrosphere .

ويميل العلماء حاليا إلى تحديد المحيط الحيوي بالمجال الذي يحدث فيه نشاط مركز للكائنات الحية ، وتمتد حدوده حتى ٥٠ مترا فوق سطح التربة وحتى ١٢ مترا في باطنها ،كما يشمل كامل عمق البحيرات وحتى عمق يصل إلى ٤٠٠ متر في البحار والمحيطات . والمحيط الحيوي يتألف من مجموع النظم البيئية الموجودة في العالم ، وهو الوسط الذي تعيش وتتكاثر فيه الكائنات الحية ، كما أنه المكان الذي تجري فيه التغيرات الفيزيائية والكيميائية الأساسية التي تطرأ على المواد غير الحية من الكرة الأرضية .

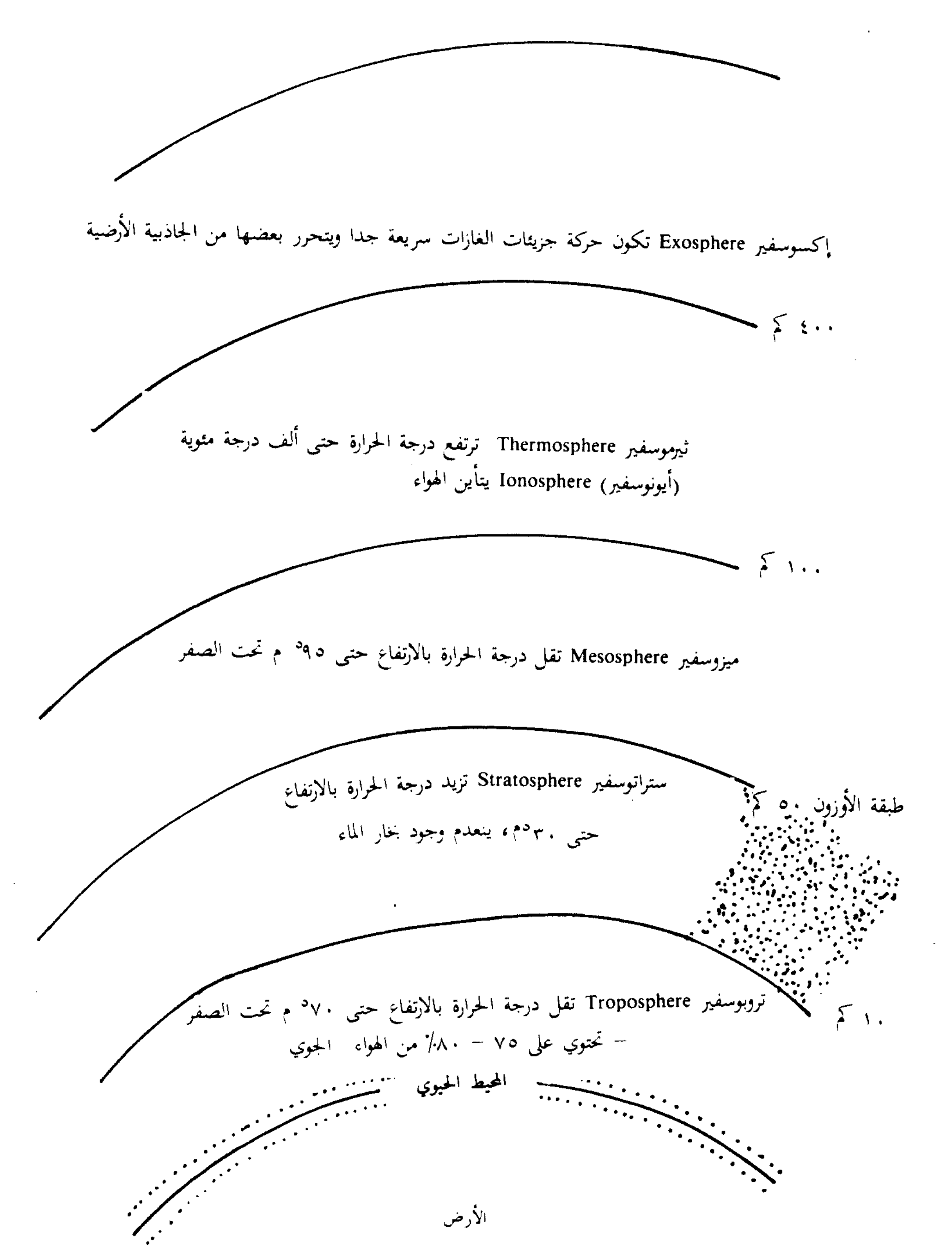
وجزء الغلاف الجوي الذي يشترك في تكوين المحيط الحيوي يعتبر طبقة رقيقة جدا من الغلاف الجوي وهو غلاف غازي سميك فوق سطح الأرض ويشاركها دورانها الدائم غير أن كثافته تنخفض مع الارتفاع عن سطح الأرض إلى درجة تصبح شبه معدومة وتصير مماثلة لكثافة الفضاء الخارجي . والغلاف الجوي يتكون من عدة أغلفة تتمايز فيما بينها (يتمايز بعضها عن بعض) بنظامها الحراري ومكوناتها وهذه الأغلفة يوضحها الشكل رقم (١) . وفي أحد هذه الأغلفة المسمى ستراتوسفير Stratosphere توجد طبقة الأوزون الذي يتكون عن طريق تفاعلات كيموضوئية تؤدي إلى تحول الأكسجين الجزيئي إلى أكسجين ذري ، وبتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي يتكون الأوزون . ومن خلال هذه العملية تُمتص الأشعة فوت البنفسجية Ultraviolet light وبذلك لا تنفُذ إلى سطح الأرض .

ثانيا : المكونات الحية

أ – الكائنات المنتجة The producers

وهي الكائنات الذاتية التغذية Autotrophs ، وهي الكائنات التي تستمد الطاقة من ضوء الشمس لتصنع الغذاء من المواد غير العضوية البسيطة . والمقصود بالغذاء هو المركبات العضوية المعقدة التركيب مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات . والمُنتِجات (الكائنات المنتجة) هي النباتات الخضراء التي نعرفها جميعا والتي تحتوي على المادة الخضراء أو الكلوروفيل (اليخضور) . وعملية صناعة الغذاء تتم من خلال عملية البناء الضوئي Photosynthesis ، وفي هذه العملية تستخدم النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء في وجود الضوء وجهاز إنزيمي معقد لتكوين الكربوهيدرات مع انطلاق الأكسجين . ويمكن تلخيص هذه العملية بالمعادلة التالية :

$$6\,H_2O + 6\,CO_2 \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء -- إنزيمات}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$



شكل (١) رسم تخطيطي للأغلفة الجوية وموضع طبقة الأوزون والمحيط الجوي

والطاقة اللازمة لعملية البناء الضوئي هامة بمثل أهمية المواد التي تدخل هذه العملية . في عملية البناء الضوئي تتحول الطاقة الإشعاعية لضوء الشمس إلى طاقة كيميائية تختزن في الروابط الكيميائية للمركبات التي تصنعها النباتات .

ب – الكائنات المُستهلكة The consumers

وهي الكائنات التي تحصل على غذائها عن طريق استهلاك الكائنات الأخرى . وهي كائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophs وتشمل الكائنات التي لاتحتوي على اليخضور (الكلوروفيل) ، مثل الحيوانات والفطريات Fungi والبكتريا Bacteria غير الذاتية التغذية . وإذا كانت هذه الكائنات تستهلك النباتات سميت بالمستهلكات آكلات العشب Herbivores أو المستهلكات الأولية The primary consumers . أما إذا كانت تحصل على غذائها من النباتات الخضراء بطريق غير مباشر مثل استهلاك الحيوانات ، سميت بآكلات اللحوم Carnivores أو المستهلكات من الدرجة الثانية (المستهلكات الثانوية) Secondary consumers وهذه الكائنات كلها تأكل الطعام وتكسره جزئيا داخل قنواتها الهضمية ثم تمتصه في دمها ، وتمتص المركبات العضوية من الدم بوساطة الخلايا المختلفة في الجسم . ويستفيد الحيوان من هذه المواد بطريقتين ، إما أن تستخدم كوحدات بناء لتكوين مركبات أخرى أو إنشاء خلايا جديدة ، وإما أن تتحطم لإنتاج الطاقة ، وتتم العملية الأخيرة من خلال عملية التنفس Respiration ، حيث تتحد المركبات العضوية مع الأكسجين وتتحرر الطاقة المختزنة في الروابط الكيميائية ويتكون ثاني أكسيد الكربون والماء . والكائن الحي يستخدم الطاقة في الأنشطة المختلفة التي يقوم بها كالنمو والحركة والتكاثر . أما ثاني أكسيد الكربون والماء فيخرجهما الجسم . والتنفس عملية ضرورية لحياة الكائنات الحية سواء كانت ذاتية التغذية أو غير ذاتية التغذية . وهو عملية معاكسة للبناء الضوئي يمكن تلخيصها في المعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \xrightarrow{\text{Enzymes}} 6\,H_2O + 6\,CO_2 + \text{Energy}$$

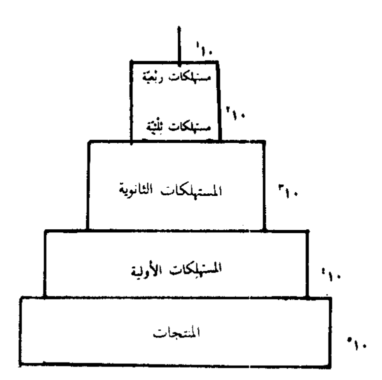
جـ – الكائنات المحلِّلة The decomposers

وهي أيضا من الكائنات غير الذاتية التغذية وتشمل كثيرًا من الفطريات والبكتريا المترممة Saprophytes ، والتي تَستخدم أجسام النباتات والحيوانات الميتة وما تخرجه هذه الكائنات للحصول على غذائها . وتفرز كائنات التحلل إنزيماتها الهضمية في المواد الميتة خارج أجسامها وتمتص جزئيات الغذاء ، ولكن هضم الغذاء وامتصاصه يتم داخليا . وخلال ذلك يتم تحويل المواد المعقدة التركيب إلى مواد بسيطة يُستخدم جزء منها في بناء الأنسجة وأنشطة الكائن ، أما الجزء الأكبر فيخرج إلى التربة .

التركيب الغذائي والسلسلة الغذائية بالنظام البيئي
Trophic Structure and Food Chain

تكوِّن الكائنات المنتجة والمستهلكة والمحللة في النظام البيئي تركيبا خاصا يعرف بالتركيب الغذائي Trophic structure أو سلسلة الغذاء Food chain . تتكون هذه السلسلة من عدة مستويات غذائية يكون فيها العنصر المنتج هو القاعدة الأساسية في التركيب ، ويبنى التركيب الغذائي في النظام البيئي على هذه القاعدة ، حيث يتغذى كائن على كائن سابق له في السلسلة الغذائية . وهناك عدد من السلاسل الغذائية في معظم النظم البيئية يتصل بعضها مع بعض في عدة نقاط مكونة ما يسمى بشبكة الغذاء Food web . وتكون هذه الشبكة معقدة للغاية وتتضمن مئات بل آلاف الأنواع من الكائنات الحية . وتسهيلا لدراسة التركيب الغذائي في النظم البيئية تجمع الكائنات في الفئات أو المستويات السابق وصفها ، والتي تعرف بالمستويات الغذائية Trophic levels وطبقا لوصفها توضع في سلسلة الغذاء . وهذه الفئات هي المنتجات - المستهلكات - المحللات .

وتعرَّف كمية المواد الحية في المستويات الغذائية المختلفة بالمحصول القائم Standing crop والذي يمكن أن يعبَّر عنه بعدد الكائنات أو كتلتها أو كمية ما تحتويه من الطاقة . والمحصول القائم في أحد المستويات لا يمثل فقط كمية الطاقة المختزنة . ولكن قد تكون له فوائد أخرى كتنظيمه أو تقليله لحدة التغيرات الجوية ، أو قد يكون بمثابة بيئة تعيش عليها أنواع أخرى من الكائنات . وقد اعتاد علماء البيئة التعبير عن عدد الكائنات أو كتلتها أو كمية الطاقة المختزنة بها في صورة أهرام تعرف بالأهرام البيئية Ecological pyramids وفي الغالب تكون أعداد الكائنات المنتجة (النباتات) أكثر من الكائنات آكلات العشب وتكون الكائنات آكلات العشب أكثر من آكلات اللحوم ، ولذلك تكون الأهرامات العددية Pyramids of numbers ذات بناء عادي يشابه في معظم الأحيان أهرام الكتلة الحية Pyramids of biomass عند استخدام الوزن الجاف للكائنات في المستويات المختلفة بدلا من الأعداد . ولكن في بعض الأحيان قد تكون الأهرام العددية ذات بناء مقلوب ، ويرجع ذلك إلى وجود عدد كبير من الطفيليات تعيش على فرد واحد أو عدد قليل من الأفراد . وتعبر أهرام الكتلة عن ملامح تركيب النظام البيئي . أما الأسس الوظيفية لنمط العلاقة بين المستويات الغذائية المختلفة فيعبر عنها بسريان الطاقة داخل النظام . ويوضح الشكل (٢) نموذجًا لهرم الكتلة في أرض الحشائش .



شكل (٢) هرم الكتلة الحية Pyramid of biomass بالنسبة لألف متر مربع من أرض الحشائش

سريان الطاقة داخل النظام البيئي

Energy Flow in the Ecosystem

الشمس هي المصدر الرئيس للطاقة داخل النظام البيئي على الرغم من أن هناك كميات صغيرة من الطاقة تخرج كحرارة من جوف الأرض عن طريق عمليات التوصيل والانتقال والبراكين وكميات أخرى تنتج عن المد والجذر نتيجة جذب الأرض والقمر والشمس لماء المحيطات والبحار . وتبلغ كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الكرة الأرضية نحو ١,٤ كيلوسعر لكل متر مربع في السنة ، يصل منها سطح الأرض ما يعادل ٤٣٪ فقط في حين ينعكس أكثر من نصفها مرة أخرى إلى الفضاء . والجزء الذي يصل إلى سطح الأرض يُمتص نحو ٢٠٪ منه بوساطة الغلاف الجوي Atmosphere وفي الحقيقة إن أقل من ١٪ فقط من ضوء الشمس الذي يصل إلى الغلاف الجوي هو الذي يتحول إلى طاقة كامنة في المواد التي تكونها النباتات أثناء عملية البناء الضوئي . ومع ذلك فإن كائنات النظم البيئية كلها تعتمد على هذا الجزء القليل من الطاقة .

وإذا تتبعنا مسار الطاقة داخل النظام البيئي نجد أن النباتات الخضراء ذاتها تستخدم بعض الطاقة المختزنة في المركبات العضوية في عملية التنفس من أجل النمو والبقاء والتكاثر ، والمستهلِكات الأولية أو الحيوانات الآكلة العشب تأكل النباتات وتختزن بعض الطاقة التي حصلت عليها بهذه الوسيلة في نموها وتكوين أنسجتها وكذلك في تكاثرها لإنتاج أفراد جديدة ، والجزء الأكبر من هذه الطاقة يستخدم في إصلاح الأنسجة والحركة والأنشطة الأخرى التي تقوم بها هذه الحيوانات . والطاقة المتاحة للكائنات الآكلة العشب أقل كثيراً من الطاقة التي صنعتها النباتات بوساطة عملية البناء الضوئي ، فالطاقة التي استخدمتها النباتات في عملية التنفس قد ذهبت ، فضلا عن أن بعض الأجزاء النباتية قد ماتت قبل أن تأكلها المستهلِكاتُ الأولية ، كما أن قدرًا كبيرًا من أوراق النباتات أو بقية

جسم النبات غير قابل للهضم في بعض الحيوانات المقتاتة بالأعشاب ، وهذه البقايا غير القابلة للهضم تحتوي على طاقة وتُخْرَج كجزء رئيس مع فضلات الحيوانات حيث تصبح غذاء للمحلِّلات . وتحصل آكلات اللحوم أو المستهلكات الثانوية بنفس الوسيلة التي تحصل بها الحيوانات الآكلة الأعشاب على طاقتها من النباتات . ويَستخدم الحيوان الآكل اللحوم بعضَ الأنسجة المهضومة من الحيوانات الآكلة الأعشاب في تخليق خلايا أو أنسجة جديدة وفي إنتاج أفراد جديدة ، أما الجزء الباقي فتستخدمه في التنفس للحصول على الطاقة اللازمة لهذه الأنشطة . والطاقة المتاحة للحيوان الآكل اللحوم تكون بطبيعة الحال أقل كثيرا من الطاقة التي يحصل عليها الحيوان الآكل العشب ، حيث ذهبت الطاقة الكامنة في المواد غير القابلة للهضم في الحيوان الآكل العشب ومعها أيضا الطاقة التي استخدمها هذا الحيوان في الإبقاء على حياته . ومثل المستهلك الأولي لايكون المستهلك الثانوي كَفِيًّا تماما في حصاده للطعام المتاح ولا من حيث الاستفادة الكاملة منه ، ولذلك توجد مستهلكات من الدرجة الثالثة (مستهلكات ثِلثية) تتغذى على المستهلكات الثانوية ، كما قد توجد مستهلكات من الدرجة الرابعة (مستهلكات رِبْعيَّة) تتغذى على المستهلكات من المرتبة الثالثة (المستهلكات الثِّلْثيَّة) .

ومن المهم أن نهتم بكمية الطاقة المفقودة بين كل مستوى من المستويات الغذائية والمستوى الذي يليه لكي نتتبع سريان الطاقة داخل النظام البيئي . وكما ذكرنا سابقا ، فإن متوسط كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى المتر المربع في مكان ما من الأرض نحو ١,٤ مليون كيلو سعر في السنة ، ولكن قدرا قليلا فقط من هذه الطاقة يختزن عن طريق عملية البناء الضوئي ، وعلى أكثر تقدير يَستخدم النبات ١٪ منها لتكوين المواد المحتوية على الطاقة خلال عملية البناء الضوئي . وعلى ذلك فإن نحو ١٤٠٠٠ كيلو سعر من الطاقة الشمسية تختزن بوساطة النباتات . ويتراوح القدر الذي تستخدمه النباتات للحفاظ على بقائها من ١٥٪ إلى ٧٥٪ من هذه الكمية ، ويعتمد ذلك على خصائص النظام البيئي . وإذا اعتبرنا أن ٤٠٪ هي النسبة المثالية لتنفس النبات وقيامه بالأنشطة الأخرى كالنمو والتكاثر ، فإن نحو ٦٠٪ من القدر البالغ ١٤٠٠٠ سعر سوف يختزن في الكتلة الحية للنبات ، ولذلك فإن المقدار الأصلي من الطاقة والبالغ ١,٤ مليون كيلو سعر سوف يختزل إلى ٨٤٠٠ كيلو سعر فقط وهو المتاح للمستهلِكات الأولية . ولا تستخدم الطاقة الموجودة في أنسجة الحيوانات الآكلة الأعشاب ، في أغلب النظم البيئية ، بكفاية عالية . وقد يختلف الاستهلاك بالنسبة للحيوانات الآكلة الأعشاب اختلافا كبيرا . وفي المتوسط ، تصل كفاية المستهلِكات الأولية في الاستفادة من الطاقة المتاحة من النباتات إلى نحو ٢٠٪ ، في حين تموت بقية المواد وتذهب إلى المحلِّلات . وعلى ذلك فإن نحو ١٧٠٠ كيلو سعر من المادة النباتية هي التي سوف تأكلها الحيوانات المقتاتة بالأعشاب أو المستهلكات الأولية . وفي الغالب يُستهلك ١٠٪ فقط من هذه الكمية في هذه الحيوانات لبناء أنسجة جديدة تكون متاحة للمستهلِكات الثانوية وهي آكلات اللحوم من المرتبة الأولى والباقي إما أن يُستخدم للبقاء على هذه

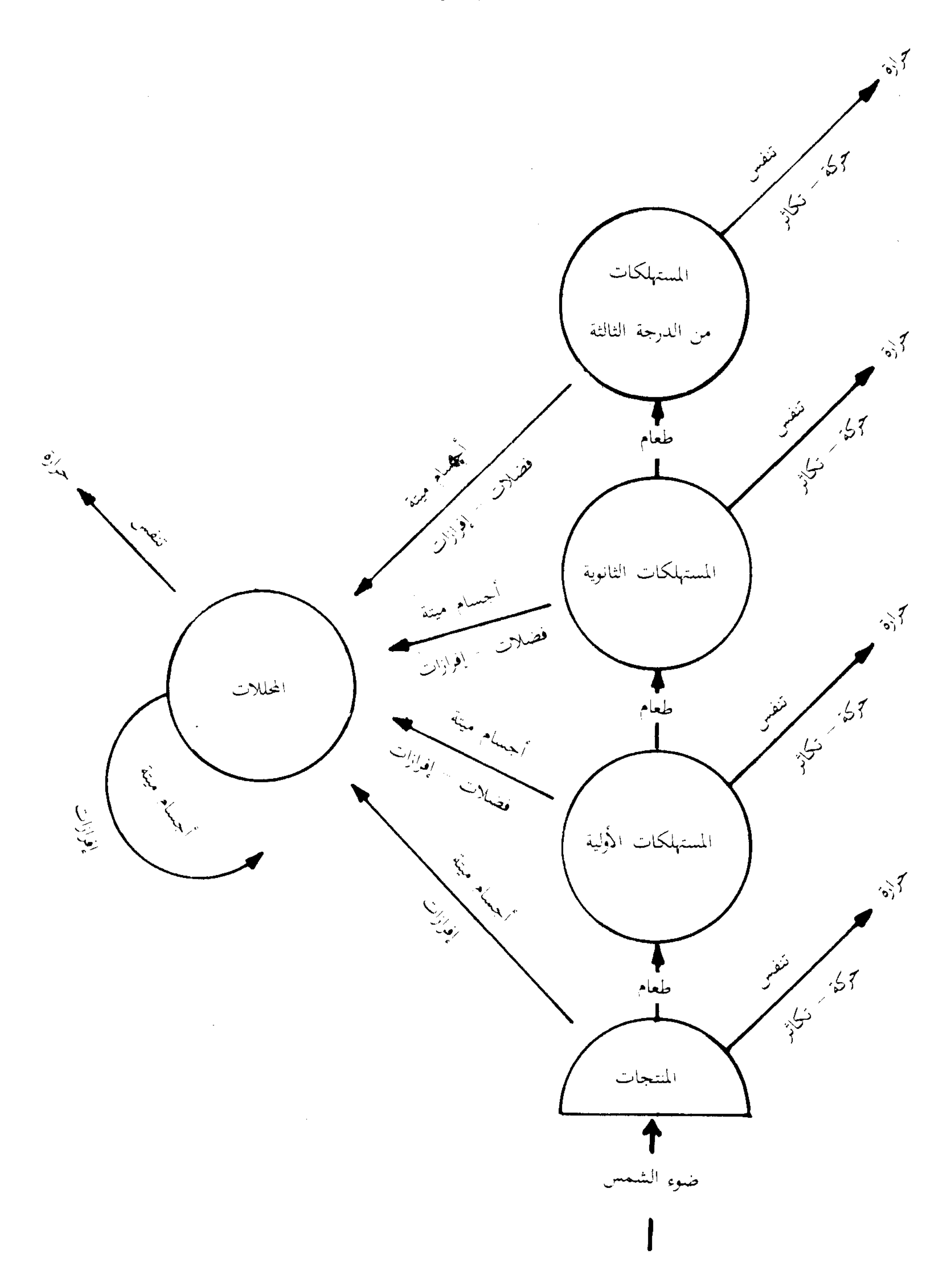
الحيوانات حيث يفقد على هيئة حرارة في الأنشطة المختلفة ، وإما أن يذهب إلى المحلّلات على هيئة فضلات وأجسام ميتة . وبناء على ذلك فإن نحو ١٧٠ كيلو سعر فقط من الطاقة يصبح كتلة حية جديدة في المستهلكات الثانوية . من ذلك يتضح كيفية نشأة أهرام الكتلة الحية ، فالطاقة المتاحة تقل أكثر فأكثر عند كل مستوى غذائي .

أما بالنسبة للمحلّلات فإنها تمثل الكائنات التي تكتسب طاقتها من الأجسام الميتة والفضلات والإفرازات . ولكن هناك شبكات غذائية معقدة بين هذه المجموعة من الكائنات . فالحشرات الصغيرة جدا وبعض اللافقاريات الأخرى قد تعيش على الأوراق الميتة التي تساقطت على الأرض . وهذه الكائنات قد تأكلها كائنات أخرى آكلة لحوم . وقد تنمو بعض البكتريا والفطريات على بقايا الأوراق المتساقطة ، كما أن هذه الأوراق قد تأكلها كائناتٌ أخرى بما عليها من بكتريا وفطريات ، والواقع أن مسار الطاقة داخل البروتوبلازم الميت من النظام البيئي والموجود أساسًا في التربة لم يدرس بعْدُ بعناية . وفي بعض النظم البيئية قد تكون الكمية من الطاقة التي تسري في هذا الطريق أكبر من تلك التي تنتقل في المسار الواضح ، أي من النبات الحي إلى المستهلكات الأولية آكلات العشب إلى المستهلكات الثانوية التي تأكل اللحوم . ومن الجدير بالذكر أن الطاقة في أنسجة الكائنات النباتية والحيوانية التي تدفن في باطن الأرض في صورة حفريات ، يتكون منها البترول والغاز الطبيعي والفحم وهي مواد غنية بالطاقة كما هو معروف . ويمكن تمثيل سريان الطاقة داخل النظام البيئي بالرسم التخطيطي المبين في الشكل رقم (٣) .

المحصول القائم وتوازن الطاقة في النظام البيئي

Standing Crop and Energy Balance in the Ecosystem

في أي وقت من الأوقات يحتوي كل مستوى من المستويات الغذائية بالنظام البيئي على كمية معينة من الطاقة المختزنة على شكل كتلة حية Biomass يطلق عليها المحصول القائم Standing crop . ويعطي هرمُ الكتلة الحية الدليلَ على وجود قدر من الطاقة عند أي وقت ، كما أنه يفسر العلاقة بين سريان الطاقة والطاقة الموجودة في صورة المحصول القائم على أساس الطاقة التي تُودع بالنظام البيئي عن طريق عملية البناء الضوئي وكمية الطاقة المسحوبة في صورة طاقة التنفس عند المستويات الغذائية المختلفة . فإذا كانت كمية الطاقة الداخلة مماثلة لكمية الطاقة الخارجة أثناء العام أطلق على النظام البيئي أنه في حالة ثبات Steady state من حيث الطاقة . أما إذا كانت الطاقة المُودعَة عن طريق البناء الضوئي أكبر من الطاقة المفقودة في عملية التنفس والنشاط في جميع المستويات الغذائية مجتمعة ، فإن الطاقة لابد وأن تتراكم في مكان ما داخل النظام البيئي في صورة



شكل (٣) رسم تخطيطي يوضح مسار الطاقة داخل النظام البيئي

كتلة حية ، مثل زيادة نمو الأشجار وزيادة عدد الحيوانات أو عن طريق التخزين في الركام Litter أو الدبال Humus . أما إذا كانت كمية الطاقة التي تدخل النظام البيئي أقل من الكمية التي تفقد منه في سنة فإن النظام البيئي سوف يفقد الطاقة . ويطلق عليه النظام الذي تتراكم فيه الطاقة أنه نظام تسُوده حالة ميزان الطاقة الموجب Positive energy balance . أما النظام الذي يوجد به فقد للطاقة فإنه يوصف بأنه في حالة ميزان الطاقة السالب Negative energy balance . وبصفة عامة فإن حالة ميزان الطاقة الموجب تسُود في المراحل الأولى من تكوين المجتمع حيث تزداد أعداد النباتات والحيوانات في منطقة ما ، في حين تحدث حالة ميزان الطاقة السالب ، في الغالب ، تحت بعض الظروف غير الموائمة للحياة كالجفاف الشديد Severe drought ، ففي العام الشديد الجفاف في أرض الحشائش Grassland يتم تحلل كثير من الركام الذي تراكم ويكون الإنتاج في هذا العام قليلاً بحيث لايعوض هذا الفقد .

ومن وجهة النظر الاقتصادية يكون النظام البيئي ذو ميزان الطاقة الموجب أكثرَ نفعًا ، حيث تتراكم الطاقة في صورة نباتات وحيوانات أكثر ، الأمر الذي يساعد المجتمع على الانتعاش . ومن أمثلة النظم التي تتميز بميزان طاقة موجبٍ ، الغاباتُ الصنوبريةُ في شمال أوربا وأمريكا الشمالية حيث تتراكم الطاقة الزائدة على هيئة خشب في جذوع الأشجار وهذه الزيادة تسمى بالإنتاج الصافي للمجتمع Net community production . أما في الغابات المطيرة في المناطق الاستوائية ، فإن مجموع الطاقة التي تستخدم في تنفس النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة يكون مساويا لكمية الطاقة المثبتة في عملية البناء الضوئي ، ولذلك فإن هذه المجتمعات توصف بأنها في حالة ثبات من حيث الطاقة . وتجدر الإشارة إلى أن لدراسة تركيب النظم البيئية وسريان الطاقة فيها ، أهميةً اقتصادية قصوى . فالمجتمعات التي يوجد بها وفر من الطاقة على جميع المستويات الغذائية تكون غالباً مجتمعات منتعشةً اقتصاديا في حين تكون تلك التي تعاني من نقص في الطاقة من قلة الموارد ، بالنسبة للاستهلاك ، مجتمعاتٍ فقيرةً وتعتمد في بعض حاجتها على الاستيراد .

إنتاجية النظام البيئي

Productivity of the Ecosystem

إنتاجية النظام البيئي هي الطاقة الكلية المختزنة Total stored energy في جميع المستويات الغذائية بالنظام البيئي . والإنتاجية في النباتات هي محصلة عملية البناء الضوئي ، وفيها تستخدم الطاقة الضوئية وثاني أكسيد الكربون والماء في وجود الإنزيمات الضرورية لتكوين ما يعرف بالإنتاج الأولي الكلي Gross primary production . وتستخدم النباتات ذاتها كمية لابأس بها من الطاقة في عملية التنفس التي تقوم بها ، وتعرف كمية الطاقة المختزنة الباقية بالإنتاج الأولي الصافي Net primary production

وتقدر إنتاجية النظام البيئي بوحدات الوزن أو وحدات الطاقة ، وهما وسيلتان مختلفتان للتعبير عن الإنتاجية ، ومن الممكن استخدام أي منهما ؛ لأن الطاقة تختزن في المركبات العضوية وهي التي تشكل أجسام الكائنات الحية . وتستخدم الأوزان الجافة بسبب الاختلاف في المحتوى المائي للأنواع المختلفة من الكائنات . ويمكن حساب محتوى الطاقة لأي وزنٍ من المادة النباتية او الحيوانية عن طريق حرق المادة الجافة في جهاز يعرف بمُسَعِّر الاحتراق Bomb calorimeter وتقدير كمية الحرارة الناتجة . وقد تم تقدير العديد من أنواع المواد النباتية والحيوانية بهذه الطريقة . وتتراوح كمية الحرارة المتولدة من المادة النباتية بين ٤ – ٤,٥ سعر/جرام من الوزن الجاف ، ومن المادة الحيوانية بين ٥ – ٥,٥ سعر/ جرام من الوزن الجاف . وبذلك يمكن التحويل من الوزن إلى الطاقة وبالعكس باستخدام هذه القيم .

والأساس المناسب لمقارنة النظم البيئية المختلفة هو الإنتاج السنوي الصافي Annual net production ؛ لأنه يعبر عن الطاقة المتاحة فعليا لكائنات مستويات التغذية التي تلي المنتِجات في العالم الواحد . ويختلف الإنتاج الصافي السنوي من الصفر في الصحاري الشديدة الجفاف إلى أكثر من ٥ آلاف جرام للمتر المربع تحت الظروف الإنتاجية القصوى . ويتراوح الإنتاج الصافي السنوي بين ٢٠٠ و ٢٠٠٠ جرام/متر مربع في معظم المناطق المعتدلة من الأرض . وتتأثر الإنتاجية السنوية بعدد من العوامل البيئية . والعوامل التي تساعد على ارتفاع الإنتاجية السنوية هي ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو ، وطول موسم النمو ، ودرجات الحرارة المعتدلة ، والخصوبة المرتفعة ، وتوافر العناصر الغذائية بالتربة .

تقدير الإنتاجية النباتية

هناك طريقتان لتقدير إنتاجية النباتات Productivity of plants هما طريقة تبادل الغاز Gas exchange وطريقة جني المحصول Harvest . وتستخدم طريقة تبادل الغاز في تقدير الإنتاج بالزيادة أو النقص خلال فترة محددة ، في حين تستخدم طريقة جني المحصول بتقدير الإنتاج الأولي الصافي وخصوصا في النباتات العشبية .

أ – طريقة تبادل الغاز Gas exchange method

في هذه الطريقة يقفل على جزء من النبات في حجرات خاصة صغيرة تحتوي على قدر معروف من ثاني أكسيد الكربون ، تكون إحدى هذه الحجرات مظلمة وتكون الأخرى ذات جدر تسمح بدخول الضوء ، وتقاس كمية ثاني أكسيد الكربون داخل الحجرتين مرتين أحدهما قبل تمرير تيار الهواء على جزء النبات داخل الغرفة والثانية بعد أن يمر الهواء . بهذه الطريقة نجد أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في الحجرة المظلمة ترتفع نتيجة عملية التنفس،أما في الحجرة غير المظلمة فإن ثاني أكسيد

الكربون الناتج من عملية التنفس يستخدم في عملية البناء الضوئي التي تتم في وجود الضوء . وتعتبر الزيادة في كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء الخارج من الحجرة المظلمة في وحدة الزمن مقياسا لما فقد من الإنتاج الكلي في عملية التنفس خلال هذه الفترة . أما النقص في كمية ثاني أكسيد الكربون بالهواء الخارج من الحجرة غير المظلمة (زيادة أو نقصا عما كان عليه قبل دخول الحجرة) فيعبر عن الطاقة الممثلة للإنتاج الصافي الأولي . فإذا فرضنا مثلا أنه لم يحدث تغير في كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء الداخل والخارج من الغرفة فهذا معناه أن صافي الإنتاج خلال فترة القياس = صفراً . أما إذا كان هناك زيادة في ثاني أكسيد الكربون فهذا معناه أن النبات يعطي للهواء ثاني أكسيد الكربون من خلال عملية التنفس أكثر مما يقوم بتثبيته خلال عملية البناء الضوئي ، وتكون النتيجة فقد النبات لجزء من محتوياته وهذا معناه أن الإنتاجية تكون سالبة . أما إذا قلَّتْ نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الخارج عنه في الهواء الداخل ، فهذا يعني أن النبات يَستنفد في عملية التنفس قدرا من ثاني أكسيد الكربون أقل من ذلك الذي يقوم بتثبيته في عملية البناء الضوئي ، عندئذ يزداد وزن النبات أي إن الإنتاج يكون بالموجب .

ب – طريقة جني المحصول The harvest method

تعتبر هذه الطريقة هي الطريقة المعتادة لتقدير الإنتاجية النباتية وخصوصا في النباتات العشبية . وذلك بتقسيم المنطقة المراد تقدير الإنتاجية بها إلى العديد من المربعات يتم اختيارها عشوائيا لتقدير ما ينتج منها على فترات ، وغالبا ماتؤخذ القراءات قبل فصل النمو Growing season وبعده . تعطي هذه الطريقة مدلولات جيدة بالنسبة للنباتات الحولية ، أما في حالة النباتات المعمرة ، فمن الضروري أن يقوم الدارس بفصل النموات الجديدة الخاصة بالموسم الذي تقاس خلاله الإنتاجية عن النموات القديمة لتقدير الزيادة في الوزن خلال الموسم . وغالبا ما يعبر عن الإنتاجية بالجرامات في المتر المربع في السنة . وقد قدرت إنتاجية النباتات النجيلية المعمرة بما يساوي **٩٩٢** جرامًا من المادة الجافة لكل متر مربع في السنة ، وبالطبع يمكن تحويل الإنتاجية إلى وحدات الطاقة .

وعند دراسة الإنتاجية يجب أن تؤخذ في الاعتبار المقاديرُ التي تُفقد في تحلُّل الأجزاء التي ماتت وتحلَّلت والتي أكلتها الحيوانات . كما يجب أن يراعى في أخذ العينات أن يكون حجم المربع الذي يستخدم في الدراسة وأعداد المربعات عشوائية ، ويجب أن تكون أعدادها كبيرة بحيث تكون النتائج قابلة للتحليل الإحصائي وذات دلائل معنوية . وفي دراسة بعض مناطق الأعشاب وجد أن عدد **٣٠** مربع مساحة كل منها ٠,٢ متر مربع هي أنسب عينات للحصول على نتائج مرضية . أما في الصحاري فإن مساحة المربع قد تصل إلى ١٠٠ متر مربع حتى نحصل على قراءات معبرة عن الواقع .

نمط توزيع الإنتاج الأولي على مستوى العالم

يوضح الرسم التخطيطي المبين في شكل رقم (٤) توزيع الإنتاج الأولي في أنظمة بيئية مختلفة والتي توجد بمناطق مختلفة من العالم World - wide distribution of gross primary production. والقيم الموضحة تبين الإنتاج الفعلي اليومي معبرا عنه بالجرامات من المادة العضوية الجافة في مساحة متر مربع .

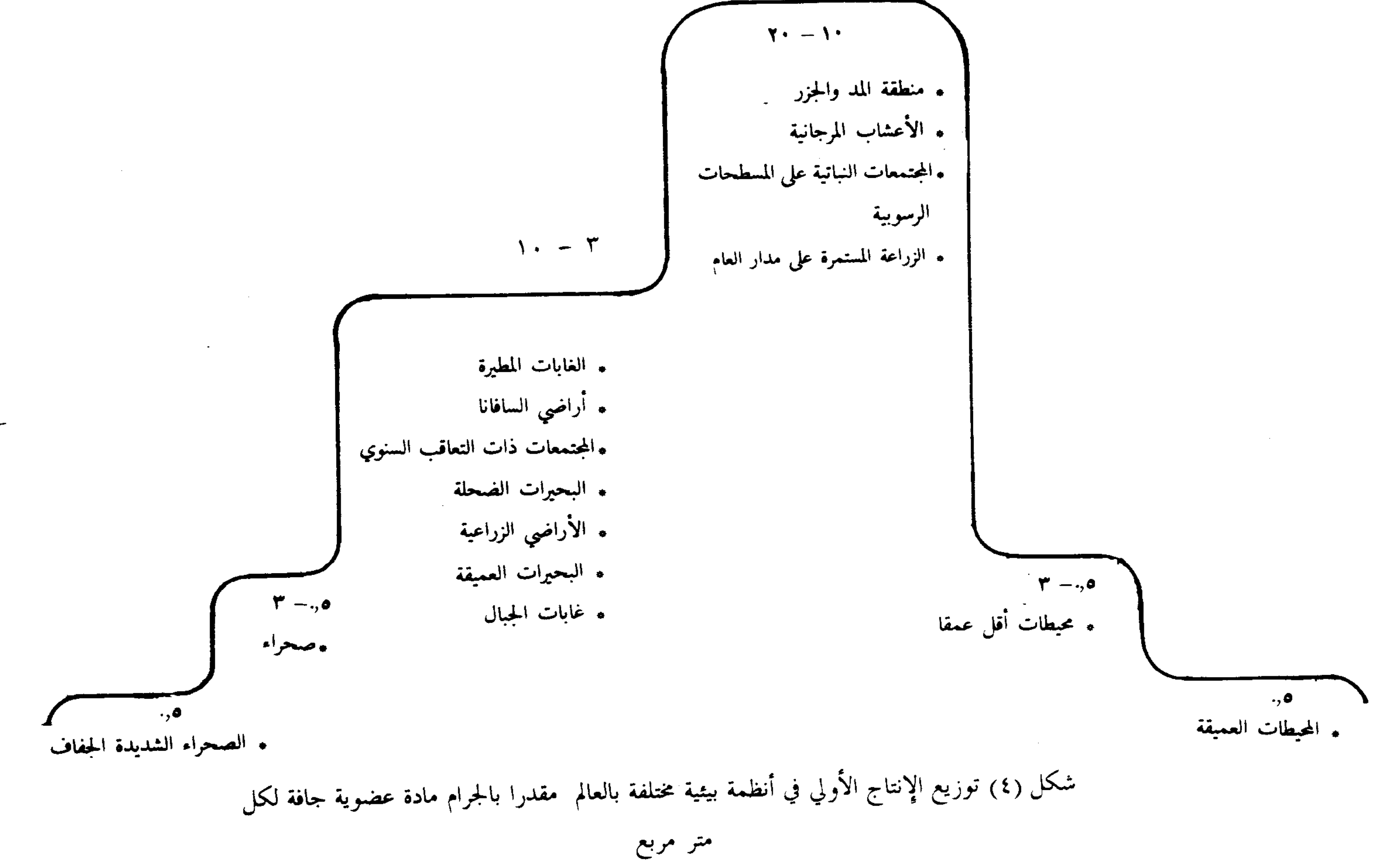
يتضح لنا من هذا الشكل أن كمية الإنتاج الابتدائي ليست ذات علاقة بنوعية العناصر المنتجة أو الوسط الذي تعيش فيه هذه العناصر ، ولكن هذا الإنتاج يعتمد أساسا على توافر المواد الغذائية وشدة الضوء ومقدرة العناصر المنتجة على الاستفادة من الموارد المتاحة . فالأراضي الصحراوية مثلا ضعيفة الإنتاجية لنقص الماء وإذا توافر الماء لهذه المناطق فإن إنتاجها سوف يرتفع عشرات المرات . كذلك المحيطات العميقة يعود ضعف إنتاجيتها إلى قلة العناصر الغذائية والأملاح المعدنية في الطبقات السطحية حيث يتوافر الضوء ، وإلى ضعف الضوء في الطبقات السفلى التي تتوافر بها العناصر الغذائية . فإذا ماتوافرت المواد الغذائية في الطبقات السطحية فإن مقدرة المحيطات الإنتاجية سوف تتضاعف ، هذا إذا كانت هناك وسيلة لتقليب مياه المحيطات حتى تختلط الطبقات السفلى الغنية بالعناصر المعدنية بالطبقات العليا التي يتوافر لها الضوء . ويحدث هذا طبيعيا في بعض الشواطئ كشواطئ بيرو حيث يحدث هذا التقليب بفعل التيارات المائية الدائرية .

دورة العناصر في النظام البيئي

Nutrient Cycling in the Ecosystem

الطاقة الموجودة في مكونات النظام البيئي تكمن في صورة الروابط الكيميائية للمركبات العضوية والتي تتكون من الكربون Carbon والهيدروجين Hydrogen والأكسجين Oxygen والنتروجين Nitrogen والكبريت Sulphur والفوسفور Phosphorus . وهذه العناصر تمثل ٨٠٪ من العناصر المكونة لأجسام الكائنات الحية . وتتحرك هذه العناصر من المكونات غير الحية إلى المكونات الحية للنظام البيئي ، ثم تعود مرة أخرى إلى الجزء غير الحي في دورةٍ تعرف بدورة العناصر .

فالنباتات تحصل على ثاني أكسيد الكربون من الهواء والماء ، وعلى العناصر المعدنية من التربة ، وتستخدم هذه المواد لإنتاج المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات والأحماض النووية . وعندما تأكل المستهلِكاتُ النباتاتِ فإنها تحصل على هذه المركبات العضوية التي يتكون منها جسم النبات ، وهكذا تنتقل المواد العضوية إلى المستهلِكات وتعود هذه المركبات مرة أخرى إلى الجزء غير الحي من النظام البيئي عن طريق الأجسام الميتة للنباتات (المنتِجات) وإخراج المستهلِكات والمحلِّلات وأجسامها



شكل (٤) توزيع الإنتاج الأولي في أنظمة بيئية مختلفة بالعالم مقدرا بالجرام مادة عضوية جافة لكل متر مربع

الميتة . ويعتبر ذلك مظهرا من مظاهر وظيفة النظام البيئي وهو سريان المواد Cycling of materials ويختلف سريان المواد عن سريان الطاقة Flow of energy ؛ فسريان الطاقة هو عملية ذات اتجاه واحد ، فالطاقة تدخل النظام البيئي على هيئة ضوء الشمس وتتركه على هيئة حرارة تتبدد في الكون . ولكن المواد تتحرك بصورة أو بأخرى على شكل نظم دائرية كاملة تعرف بالدورات البيوجيوكيميائية Biogeochemical cycles وهذه تسمية طويلة تعني أن كلاً من الكائنات الحية - Bio ومواد التربة - Geo ترتبط بدورة العناصر الكيميائية .

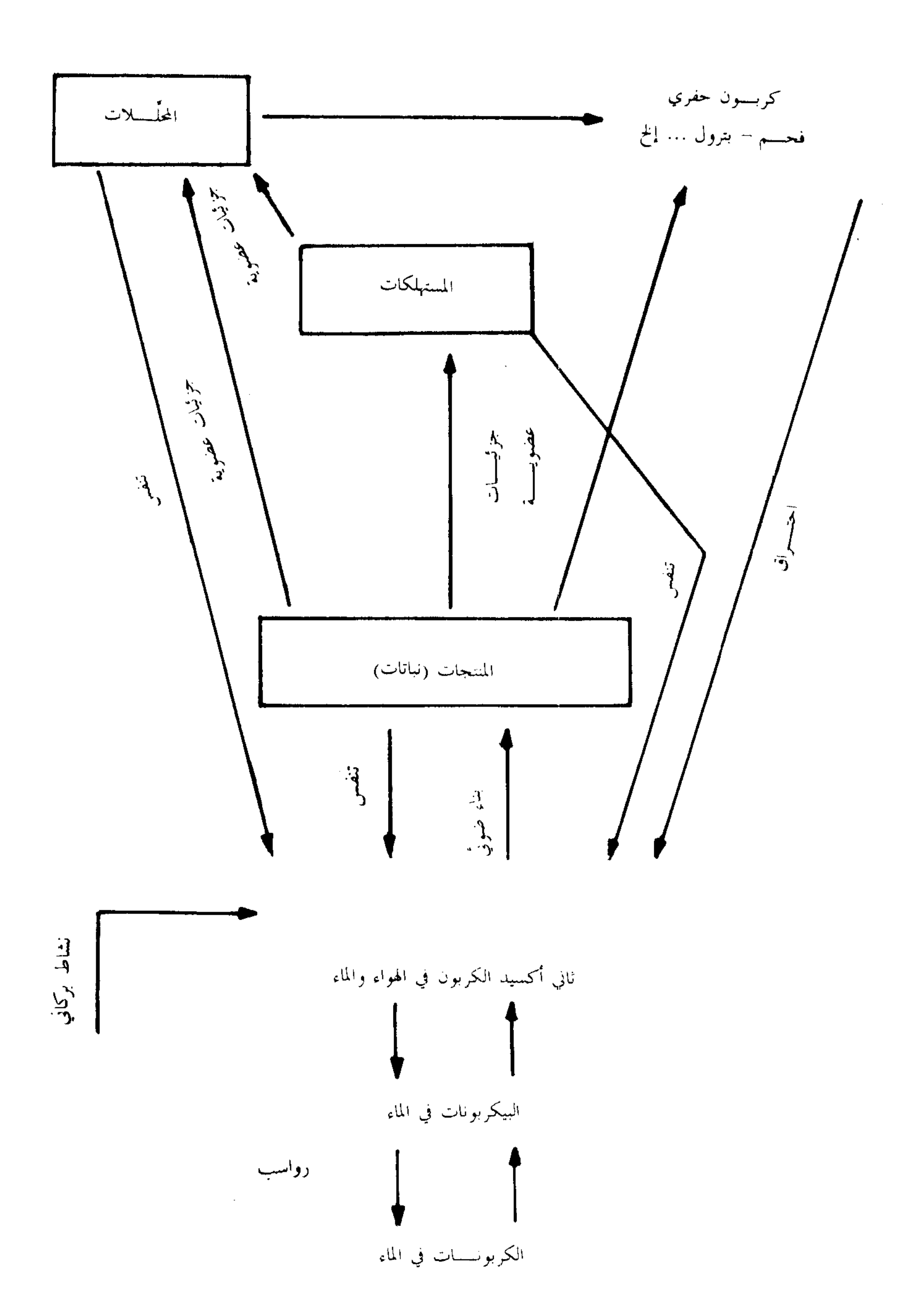
وسوف نتناول دورة بعض العناصر في النظام البيئي بشيء من التفصيل .

١ - دورة الكربون Carbon cycle

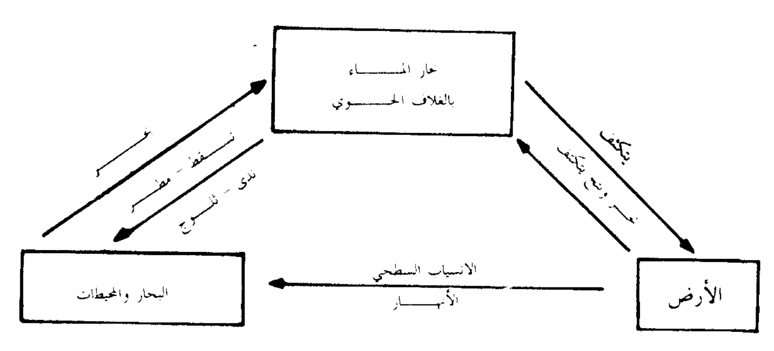
ترتبط دورة الكربون بعمليتي البناء الضوئي والتنفس ؛ فثاني أكسيد الكربون في الهواء يُمتص بوساطة النبات ويستخدم لبناء المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات ، ويعود بعض من ثاني أكسيد الكربون مرة أخرى إلى الهواء خلال عملية التنفس التي تَستخدم بوساطتها النباتاتُ والحيواناتُ هذه المركباتِ للحصول على الطاقة ، والبعض الآخر تحتفظ به هذه الكائنات في أجسامها . وكما تحصل المستهلكات الأولية على الكربون عندما تأكل النباتات فإن المستويات الأعلى تحصل عليه عندما تستخدم المستويات الأقل في السلسلة الغذائية طعاما لها . وتعمل المحلِّلات على الأجسام الميتة من نباتات وحيوانات عندما تموت وتحصل منها على الكربون . وتقوم جميع المستهلكات والمحلِّلات بعملية التنفس التي تعيد ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء والماء . وعندما يذوب ثاني أكسيد الكربون في الماء يتحد بعضه مع الماء لتكوين الكربونات والبيكربونات . والكربونات ليست سهلة الذوبان في الماء ولكنها تترسب في قاع البحيرات والمحيطات . وقد يتم التفاعل بصورة عكسية ، بحيث يبقى تركيز ثاني أكسيد الكربون في الماء والهواء بصورة ثابتة تقريبا . فإذا قل ثاني أكسيد الكربون في الماء تحللت الكربونات والبيكربونات وينطلق ثاني أكسيد الكربون ، أما إذا زاد ثاني أكسيد الكربون في الماء تذوب منه كمية أكبر ، ويتكون من الكربونات والبيكربونات قدر أكبر . ويلخص الشكل رقم (٥) دورة الكربون داخل النظام البيئي .

٢ - الدورة الهيدرولوجية The hydrological cycle

تعتبر الدورة الهيدرولوجية أو دورة الماء The hydrological cycle أهم دورة للمواد بالنظام البيئي ، حيث يرتبط تحرك كثير من العناصر بحركة الماء مثل الفوسفور Phosphorus والكالسيوم Calcium . والدورة الهيدرولوجية يمكن إيجازها في حركة الماء بين البحر والأرض والغلاف الجوي . والنمط الرئيس لهذه الدورة هو أن الماء بالهواء يسقط على هيئة أمطار وندى وفي بعض الأحيان على هيئة ثلوج . ويعود بعض الماء إلى الغلاف الجوي عن طريق البخر والنتح ، وتحتفظ التربة بكمية من الماء وتفقد الجزء الأكبر عن طريق الانسياب السطحي أو الأنهار أو الرشح إلى أسفل



شكل (٥) دورة الكربون في النظام البيئي



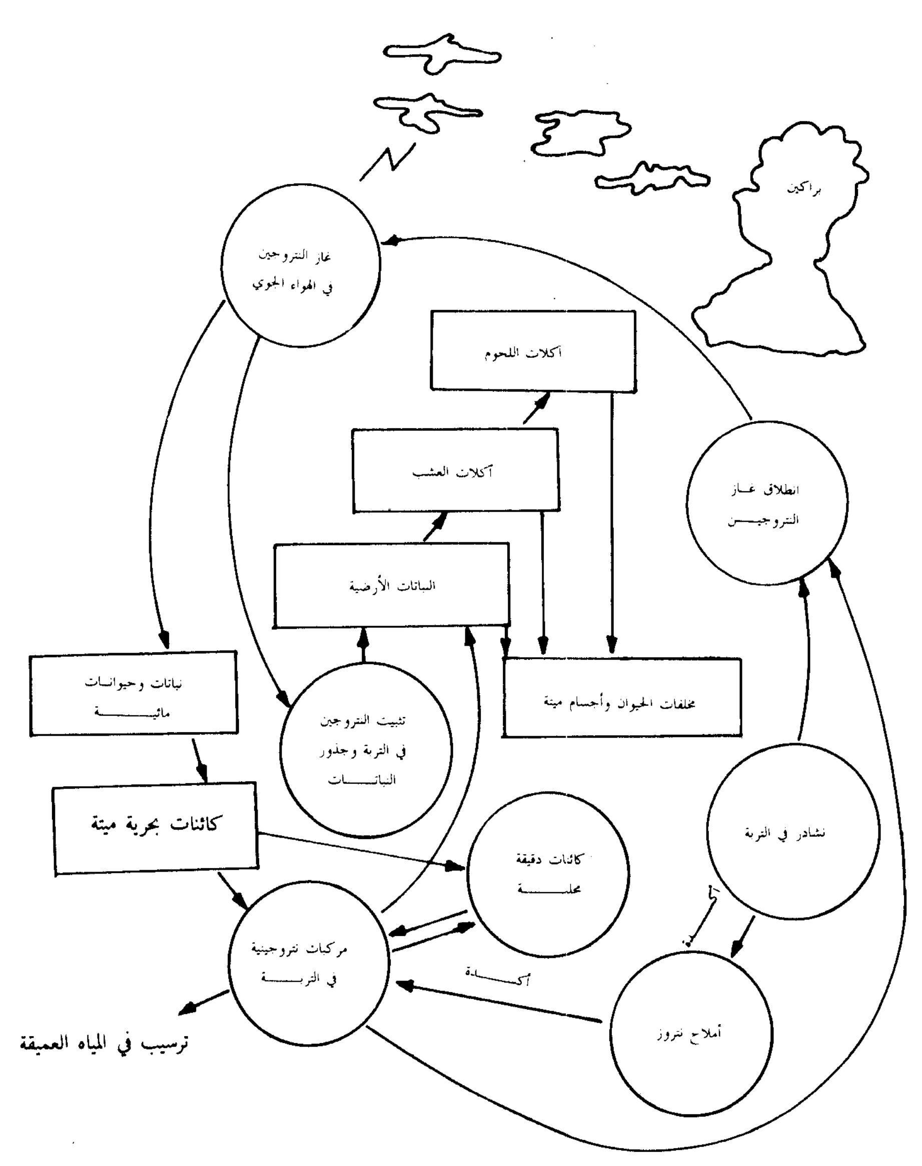
شكل (٦) دورة الماء أو الدورة الهيدرولوجية في النظام البيئي

لتكوين الماء الأرضي كما يتضح من الشكل رقم (٦).

٣ - دورة النتروجين Nitrogen cycle

النتروجين عنصر ضروري لحياة الكائنات الحية، حيث يدخل في تركيب كثير من المركبات الهامة كالأحماض النووية والبروتينات، ويشكل النتروجين نحو ٧٩٪ من الهواء الجوي، إلا أنه يوجد في الهواء كغاز خامل لا تستفيد منه الكائنات الحية. ومن خلال عملية تثبيت النتروجين Nitrogen fixation يتحول إلى مركبات نتروجينية تذوب في الماء ويمتصها النبات ليستفيد منها في بناء جسمه. وتتم هذه العملية بفعل البرق في الأيام الممطرة، حيث يسبب الشرر الكهربائي الناتج عن البرق اتحاد النتروجين مع الأكسجين فتتكون أكاسيد نتروجينية تذوب في ماء المطر حيث تتحول في التربة بوساطة بكتريا النيتروباكتر Nitrobacter إلى نترات. ويثبت النتروجين أيضا بوساطة بعض أجناس من البكتريا مثل كلوستريديم Chlosteridium وأزوتوباكتر Azotobacter وبعض الطحالب Algae في صورة مركبات عضوية تتخلف في التربة ويمتصها النبات. كما تقوم بكتريا العقد الجذرية، التي تعيش في جذور النباتات البقولية - وهي من جنس ريزوبيم Rhizobium - بتثبيت النتروجين في صورة أحماض أمينية تستفيد منها النباتات.

وتنتقل المركبات النتروجينية من النباتات إلى الحيوانات الآكلة العشب ومنها إلى آكلات اللحوم، وتعود المركبات النتروجينية إلى التربة مرة أخرى في صورة مخلفات الحيوانات وأجسام النباتات والحيوانات الميتة، حيث تتحلل بفعل الكائنات الدقيقة في التربة إلى مركبات نتروجينية بسيطة تمتصها النباتات. كما يكون من بينها النشادر الذي يذوب في الماء ويمتص بوساطة النباتات والكائنات الدقيقة حيث يتحول إلى أحماض أمينية يتحد بعضها مع بعض لتكوين البروتينات. وينطلق النتروجين من بعض بكتريا التربة إلى الهواء مرة أخرى ليشكل مع النتروجين المتصاعد من البراكين غاز النتروجين في الهواء الجوي. وبذلك تستمر دورة النتروجين التي يوضحها الشكل رقم (٧).

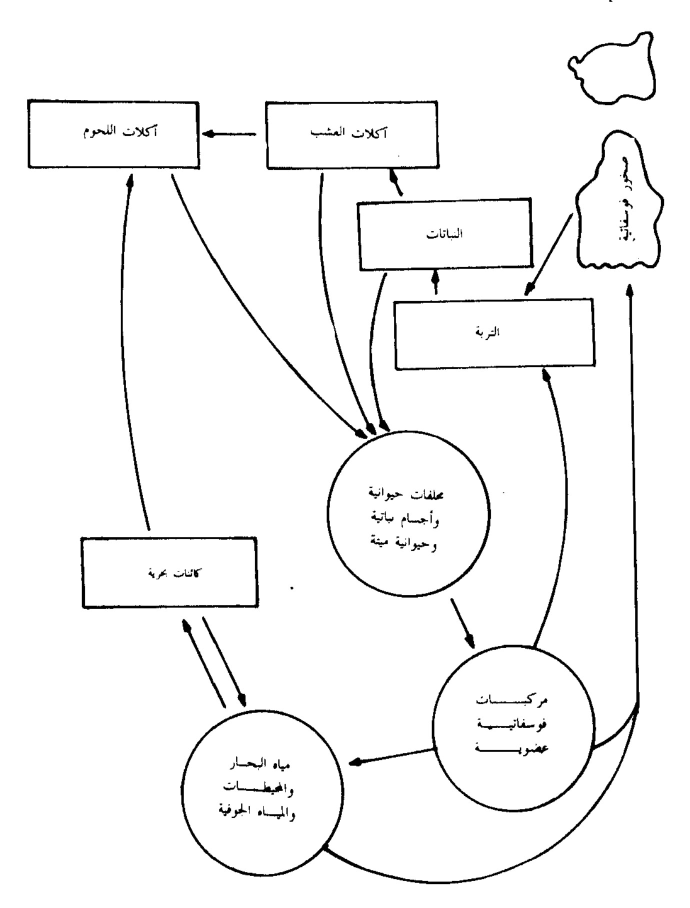


شكل (٧) دورة النتروجين في النظام البيئي

٤ – دورة الفوسفور Phosphorus cycle

الفوسفور من أهم العناصر اللازمة لحياة النباتات والحيوانات ، إذ يدخل في تركيب كثير من المركبات الهامة في الكائنات الحية كالأحماض النووية وكثير من الإنزيمات ، كما تشكل الدهون الفوسفاتية جزءا هاما من الغشاء البلازمي للخلايا الحية . ويوجد الفوسفور في صورة صخور فوسفاتية في الأرض ، ونتيجة لتفتت هذه الصخور ينتقل الفوسفور في صورة مركبات غير عضوية إلى التربة

التي تنمو بها النباتات ، كما يضاف إلى التربة كأسمدة عضوية . وتمتص النباتات الفوسفور من التربة لتستفيد منه في بناء جسمها وينتقل منها إلى الحيوانات الآكلة العشب ومنها إلى آكلات اللحوم . ويعود الفوسفور إلى الأرض ضمن مخلفات الحيوانات وأجسام النباتات والحيوانات الميتة . وبتحلل هذه الأجسام تنتج مركبات فوسفاتية قابلة للذوبان في ماء التربة حيث يمتصها النبات مرة أخرى . أما بعض المركبات غير العضوية فتترسب في الأرض وتتمعدن لتصير معادن فوسفاتية . وفي البحار والمحيطات تعيش كائنات بحرية نباتية وحيوانية أهمها الطحالب والأسماك تحصل على حاجتها من



شكل (٨) دورة الفوسفور في النظام البيئي

الفوسفات من المركبات الفوسفاتية الذائبة في مياه البحار . وتتغذى بعض الكائنات البرية والطيور البحرية على الكائنات البحرية فتنتقل إليها مركبات الفوسفور . ومن هذه الكائنات يعود الفوسفور مرة أخرى إلى الأرض في شكل مخلفات حيوانية وأجسام نباتية وحيوانية ميتة . وهكذا تستمر دورة الفوسفور التي يوضحها الشكل (٨) .

أمثلة لنظم بيئية على الكرة الأرضية

تعتمد العلاقات بين الكائنات الحية والمكونات غير الحية في النظام البيئي على طبيعة الوسط البيئي الذي يوجد به . وقد يوجد نظام بيئي متكامل وفعال في أية مساحة من الكرة الأرضية ، ولكن الواضح أن الوسط البيئي على الكرة الأرضية يجعل منها نوعين رئيسين من الأوساط البيئية هما الوسط البيئي المائي Aquatic habitat والوسط البيئي الأرضي أو اليابس Terrestial habitat .

وتختلف الأنظمة البيئية اختلافا كبيرا في شكل مكوناتها والعلاقات المتبادلة بينها وبين الأرض والماء . وسوف نضرب مثالين للنظم البيئية أحدهما عن البيئة المائية والآخر عن البيئة اليابسة . والماء — كما هو معروف — يشكل أكثر من ثلثي مساحة الكرة الأرضية . ويوجد اختلاف واضح بين أشكال الحياة في كل من البحار والمحيطات والأنهار . لذلك ، فإن الوسط البيئي المائي ينقسم إلى نوعين هما بيئة المياه العذبة Fresh water habitat والبيئة البحرية Marine habitat ، وسنتناول البيئة البحرية ببعض التفصيل .

البحار والمحيطات كنظام بيئي

تختلف أشكال الكائنات الحية وطرق حياتها من مكان إلى آخر في البحار والمحيطات . ومن الممكن دراسة مواقع محددة من البحار والمحيطات كأنظمة بيئية قائمة بذاتها ، إلا أنه يمكن اعتبار البحار والمحيطات نظاما بيئيا تتشابه فيه صور الحياة إلى حد كبير في أنماطها ومتطلبات حياتها والعلاقات المتبادلة بينها . وتنقسم الكائنات الحية في مياه البحار والمحيطات إلى عدة مجموعات أهمها :

١ – الهوائم أو العوالق Planktons

وهي تضم مجموعات عديدة من مختلف الكائنات الحية يقدر عددها بالملايين في الموقع الواحد . وأهم مجموعاتها هي الطحالب الهائمة على سطح البحار وتلك التي تنمو على عمق أقل من ٢٠٠ متر من سطح الماء وتسمى العوالق النباتية Phytoplanktons ، والمنطقة التي تعيش فيها هذه الكائنات تسمى المنطقة الأوقيانوسية Pelagic zone والتي يتخللها الضوء ويصل عمقها حتى ٢٠٠ متر . والضوء بها يكفي لمعيشة الهائمات النباتية الذاتية التغذية ، والتي تستخدم الضوء في تصنيع غذائها من خلال عملية البناء الضوئي ، وهي المنتِجات الأساسية في البحار والمحيطات . علاوة على الهائمات النباتية ، تعيش هائمات حيوانية Zooplanktons تعتمد في حياتها على الهائمات النباتية .

٢ – السابحـــات Nektons

وهي كائنات تعيش سابحة بأعداد ضخمة في مياه البحار والمحيطات وتتغذى على العوالق النباتية أو الحيوانية ؛ أي إنها تضم مستهلِكات من الدرجتين الأولى والثانية . وتضم هذه الكائناتُ الأسماكَ والقشريات وبعض الحيوانات البحرية ، مثل الأخطبوط وكلاب البحر التي تتغذى على الأسماك وبعض الكائنات البحرية الأخرى .

٣ - القاعيــــات Benthos

وهي الكائنات التي تعيش في المناطق العميقة بالمحيطات والتي يصل عمقها إلى أكثر من ١٠٠٠ متر والمعروفة بالسهل القاعي Abyssal plain . وتضم هذه الكائنات أسماكاً وحيوانات بحرية شديدة الافتراس لها فتحة فم واسعة وأسنان حادة . وقد تأقلمت هذه الكائنات على الحياة في أعماق البحار السحيقة فهي تتحمل ضغط الماء المرتفع وبها أعضاء حس خاصة تميز الفريسة عن العدو . كما يوجد منها بعض الأسماك التي تطلق أشعة مضيئة تختلف في أشكالها وألوانها باختلاف أنواعها . وتستخدم هذه الأشعة للدفاع وكوسيلة لتمييز الذكور عن الإناث عند التزاوج .

٤ - الكائنات الملتصقة

تعيش بعض الكائنات ملتصقة بصخور الرصيف القاري Continental shelf أسفل المنطقة المضاءة غالبا ، وتشمل كائنات نباتية مثل الطحالب البنية والحمراء وكائنات حيوانية مثل المرجان الذي ينمو في تجمعات كثيفة تعرف بالشعاب المرجانية .

النظم البيئية الأرضية

يوجد على اليابسة عدة مناطق أحيائية Biomes تختلف في مكوناتها وأشكالها وتوزيعها الجغرافي تحددها الظروف البيئية وخاصة عوامل المناخ كدرجة الحرارة وكمية الأمطار . وهذه الطرز تمثل نظمًا بيئية مختلفة ، أهمها الغابات الاستوائية المطيرة Tropical rain forest ومنطقة السافانا Savanna ومنطقة أراضي الحشائش Grassland والغابات المعتدلة المتساقطة الأوراق Temperate deciduous forests ومنطقة التايجا Taiga في المناطق الباردة الشمالية التي تنمو بها الغابات الصنوبرية وبعض أنواع قليلة من النباتات الخشبية ومنطقة التندرا Tundra عند منطقتي القطبين الشمالي والجنوبي والصحارى Deserts وهي تغطي جزءًا كبيرًا من اليابسة وبصفة خاصة في إفريقية وآسيا وأستراليا . وتقع معظم البلدان العربية والإسلامية في الحزام الصحراوي في شمال إفريقية وغرب آسيا ، ولذلك سوف نتناول الصحارى كنظام بيئي ببعض التفصيل .

الصحـــــراء كنظام بيئي

تمتد الصحارى لمساحات شاسعة على اليابسة في كثير من مناطق العالم . وتعتبر الصحراء الإفريقية الكبرى هي أكبر المناطق الصحراوية في العالم فهي تمتد من المحيط الأطلنطي غربا عابرة النصف الشمالي لقارة إفريقية كما تمتد إلى الجزيرة العربية . وتوجد صحارى أيضا في جنوب إيران وأجزاء من أفغانستان وباكستان والهند . وتشكل الصحراء ٤٤٪ من مساحة أستراليا وأجزاء كبيرة من جنوب الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك .

ومناخ الصحراء حار جاف صيفا وقد ترتفع درجة الحرارة حتى تصل إلى ٥٠ درجة مئوية نهارا ، في حين تنخفض ليلا نتيجة قلة الرطوبة في الهواء . أما في الشتاء فتكون درجة الحرارة معتدلة

نسبيا . وتتميز الصحارى بندرة الأمطار وقلة كمياتها . والأمطار التي تسقط على المناطق الصحراوية موسمية وتهطل على شكل رخات لوقت قصير . ويضيع معظم مائها بالانسياب السطحي فلا تستفيد منه التربة بسبب تبخره نتيجة درجة الحرارة المرتفعة ، ويقتصر نمو النباتات على موسم الأمطار .

والنباتات التي تنمو في الصحراء أغلبها حولية تنبت بذورها فور سقوط المطر وتنمو وتزهر وتتم دورة حياتها في فترة قصيرة وتختفي بعد أن تترك بذورها في التربة لموسم الأمطار التالي . وتنمو أيضا بعض النباتات المعمرة التي تنتعش وتزهر عقب موسم الأمطار إلا أنها سرعان ما تزوى مرة أخرى فتجف أجزاؤها الخضرية إلا أن أجزاءها الأرضية وبراعمها الكامنة تبقى حية لتعاود النمو مرة أخرى عقب موسم المطر التالي . والنباتات الصحراوية بصفة عامة ضئيلة الحجم وتنمو متباعدة وتختلف في أشكالها وسبل تأقلمها مع الظروف المناخية القاسية بالصحارى . فمنها ما يختزن الماء في أوراق غضة مغطاة بأدمة سميكة وطبقة شمعية كالحَرْمَل والعشار والصبار ، أو في أوراق عصارية كالرمث ، أو في سيقان عصارية كالتين الشوكي . ومنها نباتات تأقلمت بتقليل عدد أوراقها وصغر حجمها لتقليل النتح مثل الأَثْل والاكاشيا ، أو تحور أوراقها أو أطراف سيقانها إلى أشواك كالعاقول . وكثير من النباتات الصحراوية ذات تراكيب أرضية كالأبصال والكورمات والريزومات . ومن النباتات المنتشرة في الصحارى العربية الطلح والسيال وهي أشجار تنمو على جوانب الوديان وتتفرع جذورها في أعماق التربة للحصول على الماء .

ومن الناحية التشريحية فإن النباتات الصحراوية ذات خلايا صغيرة الحجم سميكة الجدر إذا قورنت بالنباتات الوسطية وتزداد بها التغلظات الثانوية في الطبقات الخارجية كما تغطي سطوح أوراقها بزوائد لإبعاد تيارات الهواء ، الأمر الذي يقلل من فقد النبات للماء . ومن الناحية الفسيولوجية فهذه النباتات تقاوم الذبول عن طريق زيادة الضغط الأسموزي ، وذلك برفع قدرتها على امتصاص الماء ومقاومة فقده . وقد أثبتت بعض التجارب أن النباتات الصحراوية تعاني من الذبول عندما تفقد ٨ – ٢٥٪ من محتواها المائي مقارنة بنسبة ٢٪ في النباتات الوسطية .

والحيوانات التي تعيش في الصحراء قليلة في أنواعها وأعدادها وذات حجم صغير وقد تكيفت على الحياة في الصحراء بسبل مختلفة تجعلها تقلل احتياجها للماء . ومن هذه الحيوانات القوارض الجحرية التي تعيش تحت سطح التربة ، وكذلك الزواحف والسحالي التي تقاوم جلودها فَقْدَ الماء وهي ذات إفرازات صلبة مركزة لاتحتوي إلا على قدر ضئيل من الماء ، كما تعيش في الصحراء أنواع من العناكب تختفي من الحرارة تحت الصخور وفي أنفاق تحت التربة الرملية وأسفل النباتات . كما تعيش بعض أنواع النمل الكبير الحجم ، والتي تتغذى على بذور النباتات . وتعيش بالصحراء أنواع قليلة من الطيور والعقارب وكثير من الفراشات والحشرات الصغيرة . ونظرا لحرارة الجو وجفافه نهارا فإن نشاط الحيوانات الصحراوية يتوقف في وسط النهار فهي لاتزاول نشاطها إلا في الصباح وقبل الغروب والكثير منها يمارس نشاطه ليلا .

الباب الثالث

المجتمعات النباتية

Plant Communities

■ خصائص المجتمع النباتى ■ تغير المجتمع .



الفصل الأول

خصائص المجتمع النباتي

Characteristics of Plant Communities

■ الخصائص التحليلية ■ الخصائص التركيبية .

يمكن تعريف المجتمع Community بأنه كل المكونات الحية بالنظام البيئي . ويمكن تقسيم المجتمع في النظام البيئي إلى مجتمع نباتي ومجتمع حيواني . وسوف نركز هنا على دراسة المجتمع النباتي . وللمجتمع النباتي خصائص يمكن تقسيمها إلى مجموعتين : مجموعة تسمى الخصائص التحليلية Analytical characteristics ، والأخرى تسمى مجموعة الخصائص التركيبية Synthetic characteristics .

والخصائص التحليلية تشتمل على صفات كيفية Qualitative characters من الصعب تحديد مقاديرها ، وصفات كمية Quantitative characters يمكن بسهولة وضع مقاييس لها . وفيما يلي وصف لهذه الخصائص والصفات .

أولا : الخصائص التحليلية
Analytical Characteristics

وفيما يلي توضيح لكل من الصفات الكيفية والكمية :

(أ) الصفات الكيفية Qualitative characters

١ – التكوين النباتي Floristic composition .

٢ – طرز الحياة . Life forms
٣ – الموسمية . Periodicity (phenology)
٤ – الحيوية أو القوة . Vitality (vigour)
٥ – الطبقية (التنضيد) . Startiftion
٦ – الترابط الاجتماعي (اجتماعية) . Sociability

(ب) الصفات الكمية Quantitative characters

١ – الكثافة . Population density
٢ – الغطاء . Cover (area occupied)
٣ – الارتفاع . Height of plants
٤ – الوزن . Weight of plants
٥ – الحجم . Volume of plants
٦ – التردد . Frequency

ثانيا : الخصائص التركيبية Synthetic Characteristics

الخصائص التركيبية للمجتمع النباتي ماهي إلا اصطلاحات لوصف الكساء النباتي مستمدة من البيانات التحليلية السابقة الذكر ، وهذه الخصائص هي :

١ – الوجود (الثبوت) . Presence
٢ – الوفاء (الولاء) . Fidelity
٣ – السيادة . Dominance
٤ – الوفرة . Abundace
٥ – المظهر العام . Physiognomy
٦ – النسق . Pattern

وفيما يلي توضيح لكل من الصفات الكيفية والكمية :

أ – الصفات الكيفية Qualitative characters

١ – التكوين النباتي Floristic composition

المقصود بهذه الصفة تعداد الأنواع النباتية التي يتكون منها المجتمع وبيانها . وهذا التحديد يعتبر

أول مرحلة وأهمها في دراسة المجتمع النباتي . إلا أنه من الناحية العملية نجد أن الحصول على قائمة بكل الأنواع الموجودة ليس أمرا سهل التحقيق ، ومن ثم فإن المشتغلين بهذه الدراسات البيئية يكتفون بتحديد أسماء الأنواع النباتية الوعائية Vascular plant species وفي بعض الأحيان يضيفون إليها أسماء الأُشَن Lichens والحزازيات Mosses

ولإعداد قائمة الأنواع النباتية في مكان ما يتحتم مراقبة وجود هذه النباتات على فترات متعاقبة ؛ إذ إنه تحت الظروف الطبيعية لاتظهر النباتات في وقت واحد ولكنها تظهر على فترات متتالية تتباين في أثنائها خواص الوسط البيئي Habitat من تربة ومناخ . وقائمة النباتات ذات أهمية كبيرة ؛ إذ لكل نوع من النباتات مجاله البيئي Ecological range المميز له ، ومن ثم فإن معرفة مجموعة الأنواع تدل – إلى حد كبير – على خواص الوسط البيئي الذي تعيش فيه النباتات . كما أن متوسط عدد الأنواع النباتية في وحدة المساحة في مكان ما يشير إلى كثير من المعلومات عن الظروف التي يتميز بها هذا المكان .

وقد جرت العادة في تحديد القوائم النباتية أن تميز الأنواع الهامة أو الرئيسة منها عن الأنواع غير الهامة وغير الرئيسة . إلا أنه من وجهة النظر العلمية يجب إدراج كل الأنواع في قوائم الأنواع النباتية ؛ فبعض الأنواع التي تبدو غير مهمة في زمن الدراسة يمكن أن توضح – فيما بعد – معلومات عن ظروف بيئية كانت سائدة في الماضي ، أو قد تدل على ما يمكن أن يحدث في المستقبل . وفي الغالب ، قد يرجع عدم إدراج كل الأنواع النباتية في قائمة التكوين النباتي للمجتمع إلى عدم مقدرة الباحث على تعريف كل الأنواع الموجودة .

واختلاف عدد الأنواع النباتية من مكان إلى آخر يمكن أن يعبر عن تغير واضح في طبيعة الظروف البيئية . فعلى سبيل المثال يتغير عدد الأنواع النباتية في أرض الحشائش في منطقة كولورادو بأمريكا الشمالية كثيرا بالارتفاع عن سطح البحر ؛ إذ يوجد ١٦٠ نوعًا نباتيًا في الوديان على ارتفاع ١٦٠٠ متر و ١٣٩ نوعًا على ارتفاع ٢٣٠٠ متر و ١٣٠ نوعًا على ارتفاع ٢٥٥٠ متر و ٥٠ نوعًا فقط على ارتفاع ٣٥٠٠ متر .

وفي المملكة العربية السعودية يتزايد عدد الأنواع النباتية كلما اتجهنا من السهل الساحلي إلى المرتفعات في المنطقة الغربية ، والمعروف أن الارتفاع عن سطح البحر يكون مصحوبا بانخفاض في درجة الحرارة ، والواقع أن الغطاء النباتي في السعودية يرتبط ارتباطا واضحًا بالارتفاع عن سطح البحر فهو كثيف في المرتفعات المعتدلة الحرارة ؛ حيث تسقط الأمطار وفيرة نسبيا وتزداد الرطوبة ، وقليل في المناطق الصحراوية المرتفعة الحرارة القليلة الرطوبة الشحيحة الأمطار .

٢ – طرز الحياة Life forms

طرز الحياة بمعناها الشامل يعني الصفات المظهرية للتركيب الخضري للنبات مثل حجمه وشكله وطبيعة تفرعه ، وفي بعض الأحيان طول حياة هذا النبات (حولي – ثنائي الحول – مُعَمَّر) . أما المعنى المحدود لصفة طرز الحياة فيتعلق بتحديد أشكال النباتات طبقا لمواصفات البراعم التي يستطيع بها النبات تجديد نموه الخضري بعد تخطي الظروف البيئية الصعبة كالبرد القارس أو الجفاف الشديد .

وطرز حياة النباتات تحدده صفات وراثية كامنة بها . كما تؤدي الظروف البيئية دورا كبيرا في تحديدها ؛ فمثلا فترة حياة بعض النباتات النجيلية تتغير كثيرا باختلاف الظروف البيئية . فالنوع النباتي المسمى برومس كاثرتيكس *Bromus catharticus* تصل فترة حياته إلى أكثر من أربع سنوات أي إنه نبات معمَّر Perennial في أمريكا الجنوبية ، ولكنه عندما يزرع في أمريكا الشمالية يتحول إلى نبات حولي Annual تنتهي فترة حياته بانتهاء فصل الشتاء . وتحدِّد طرزُ الحياة للنباتات السائدة في المجتمع النباتي المظهَر العامَّ للمجتمع . وقد استخدمَ العالم السويدي رونكير Raunkiaer صفة طرز الحياة لتقسيم الغطاء النباتي إلى عشرة طرز . ويستند هذا التقسيم على طبيعة الأجزاء التي يستطيع بها النبات أن يجدد ويعيد نموه بعد مرور ظروف بيئية صعبة وهذه الطرز هي :

١ – النباتات الدقيقة والهائمة في الهواء أو الماء (Phytoplanktons) .

٢ – النباتات الدقيقة التي تعيش في التربة (Phytoedaphons) .

٣ – نباتات تعيش بأكملها أو جزئيا داخل نباتات أخرى مثل الطحالب التي تعيش بالأُشن (Endophytes) ..

٤ – الحوليات مشتملة على الطحالب والسراخس والحزازيات والنباتات الزهرية (Therophytes) .

٥ – النباتات المائية ذوات الأجزاء التجديدية Meristematic التي تكون مغمورة في الماء أثناء الظروف غير المناسبة (Hydrophytes) .

٦ – النباتات ذوات الأجزاء التجديدية التي تكون تحت سطح الأرض أثناء الظروف الجوية غير المناسبة مثل نباتات الريزومات أو الأبصال أو الدرنات (Geophytes) .

٧ – النباتات ذوات البراعم التجديدية التي تكون قريبة من سطح الأرض ومغطاة بالمواد الدبالية (Hemicrytophytes) .

٨ – النباتات ذوات البراعم التجديدية التي تكون على سطح الأرض وعلى ارتفاع ٢٥ سم كالأعشاب المُعَمَّرة (Chamaephytes) .

٩ – شجيرات وأشجار ومتسلقات ذوات براعم تجديدية تكون على ارتفاع لايقل عن ٢٥

سم من سطح التربة (Phanerophytes) .

١٠ – نباتات تنمو على نباتات أخرى (Epiphytes) .

والأنواع النباتية في منطقة ما يمكن أن تقسم طبقا لطرز حياتها وأعداد الأنواع التي توجد في كل طراز . وعندما ينسب بعضها إلى بعض فإنها تعبر عما يسمى بالطيف البيولوجي . وإذا ما أجري هذا الإحصاء في بقاع مختلفة من العالم فإننا نحصل على عدد من الأطياف البيولوجية Biological spectra كل منها يميز منطقة تتصف بصفات مناخية خاصة . فمثلا في المناطق القطبية وأعالي الجبال حيث الجو شديد البرودة ، لاتنمو الشجيرات والأشجار والمتسلقات Phanerophytes التي تسود الغابات الاستوائية ، أما المناطق الجافة والصحراوية في جميع أنحاء العالم فتتميز بطيف بيولوجي تسوده النباتات الحولية والأعشاب .

والتعبير عن الطيف البيولوجي باستخدام عدد الأنواع النباتية في كل طراز من طرز الحياة السابق وصفها يعتبر ذا دلالة أقل من استخدام الغطاء النباتي النسبي لمجموعة الأنواع التي تنتمي إلى كل طراز عند المقارنة بين المجتمعات النباتية المختلفة . كما يمكن استخدام التردد في بناء طيف بيولوجي أكثر كفاية من ذلك المعتمد على عدد الأنواع ؛ إذ إن الأخير يعتمد على مجرد وجود الأنواع في حين يعتمد الأول على عدد نقط التردد في كل طراز من طرز الحياة . ولتوضيح ذلك نفترض أن النبات أ يوجد في ٩٤ مكاناً من ١٠٠ في حين يوجد النبات ب في ٣٠ مكانا من ١٠٠ ، وعلى أساس نقاط التردد يعطى للنبات الأول ٩٤ نقطة وللنبات الثاني ٣٠ نقطة ، أما في قائمة وجود الأنواع فكل نوع يرمز له بنقطة واحدة . ويتضح من ذلك أن مظهر حياة المجتمع النباتي في المنطقة يتأثر كثيرا بطراز حياة النبات أ في حين يكون تأثره بطراز حياة النبات ب ضعيفا .

وفي بعض الدراسات البيئية قد يستخدم تعبير آخر وهو مظهر النمو Phenotypic form أو Growth form وهو يتعلق بنمو الأفراد التابعة لنوع نباتي واحد في العديد من البيئات . وقد وجد أن أفراد النوع الواحد تختلف في طبيعة نموها وأطوالها من بيئة إلى أخرى ، فعلى سبيل المثال يصل طول نبات سلصوياكيلي *Salsola Kali* إلى ٦٠ سم في أحد البيئات ، في حين قد لايزيد طوله في بيئة أخرى مجاورة عن ٥ سم . ويعود ذلك إما إلى عدم ملاءمة البيئة الثانية لنمو هذا النوع وإما إلى المنافسة الشديدة مع نباتات أخرى بها . وقد يختلف أيضا مظهر النمو للأفراد التابعة لنفس النوع في نفس الموقع، وذلك للتغيرات الدقيقة في الظروف البيئية الموضعية .

٣ – الموسمية Periodicity

تشير هذه الصفة إلى ما يحدث من تغيرات موسمية منتظمة من حيث التركيب والمظهر والوظيفة ، ويشمل ذلك التغيرات في العمليات الحيوية المختلفة كالبناء الضوئي والنتح والنمو وتكوين الأزهار

والتلقيح وتكوين البذور وانتشارها ، وكذلك وضوح العمليات المتعلقة بمواعيد ظهور الأوراق الجديدة واستطالة الفروع وظهور البراعم الزهرية . والموسمية تحدث نتيجة لصفات وراثية خاصة بكل نوع نباتي اكتسبها نتيجة تعرضه لمجموعة من الظروف البيئية على مدى حياته الطويلة على الأرض . كما أن الموسمية تعني ، على الأخص ، التكرارَ عند أزمنة معينة لهذه العمليات الحيوية بوضوح تام . أما الفينولوجيا أو الظاهرية Phenology فهي تُعنى بظهور هذه الأحداث الحيوية عند مواسم مختلفة من العام بالنسبة لنوع نباتي واحد أكثر من الاهتمام بالطبيعة المتكررة لهذه الأحداث . وفي الدراسات البيئية يستخدم أيضا اصطلاح الانطباع أو المظهر Aspection ويعني انطباع المجتمع النباتي بأكمله في المواسم المختلفة .

معظم المجتمعات النباتية لها انطباعات (مظاهر) محددة في المواسم المختلفة والتي تتأثر – إلى حد كبير – بالتغيرات الموسمية في الوسط البيئي الطبيعي ، خاصة درجة الحرارة ووفرة الماء وطول فترة النهار (توافر الضوء) والانطباعات (المظاهر الرئيسة هي الربيعي Vernal والصيفي Aestival والخريفي Autumal والشتوي Hibernal) . ويمكن تمييز مواسم للتغيرات الموسمية كل منها ينسجم مع ما يليه وهي :

الربيعي المبكر Prevernal aspect (Early spring) .
والربيعي المتأخر Vernal aspect (Late spring) .
والصيفي Aestival aspect (Summer) .
والصيفي المتأخر Serotinal aspect (Late summer) .
والخريفي Autumnal aspect (Fall) .
والشتوي Hibernal aspect (Winter) .

ومن المهم تسجيل الأحداث الفينولوجية (الظاهرية) لمختلف الأنواع النباتية مثل موعد ظهور البادرات وتفتح براعم الأوراق والأزهار وظهور أول زهرة ونضج أول ثمرة ووجود آخر زهرة . وتحديد هذه الظواهر الفسيولوجية له أهمية تطبيقية في ربط العوامل الجوية المختلفة وفي تحديد مواسم جني المحصول وبدء مواسم الرعي ومقاومة الحشرات . . . إلخ . والأحداث الفينولوجية قد تختلف في موعد حدوثها من عام إلى آخر ففي منطقة ايداهو Idaho بالولايات المتحدة الأمريكية وعلى امتداد عشر سنوات من الملاحظة ، وجد أن بداية نمو النباتات يختلف بين ٢٠ مارس و ٢٤ أبريل وأن نمو النباتات لارتفاع ١٥ سم يتحقق في الفترة من ١٢ مايو إلى ١٠ يوليو . والسلوك الفينولوجي له تأثير كبير على مدى المنافسة والترابط بين الأنواع النباتية ؛ فحدوث النموات الخضرية أو تفتح الأزهار وتكوين الثمار للأنواع المختلفة في مواسم مختلفة من شأنه أن يقلل المنافسة ويساعد على وجود ترابط بين هذه الأنواع .

وتتأثر الموسمية والسلوك الفينولوجي (الظاهرية) بعدد من عوامل البيئة أهمها الرطوبة والحرارة والضوء ، كما أن الارتفاع عن سطح البحر - الذي تصاحبه تغيرات في درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي - له أثر كبير على موعد ظهور الأحداث الفينولوجية ، فكل ارتفاع مقداره نحو ٣٠٠ متر يناظره تأخر في بدء الأحداث الفينولوجية بفترة زمنية طولها ١٢ يوما .

والتغيرات الموسمية تختلف في مظهرها من مجتمع نباتي إلى آخر ؛ فالغابات الاستوائية المطيرة Torpical rain forests لاتظهر تغيرا موسميا واضحا أما في الغابات المتساقطة الأوراق (النفضية) Deciduous forests في أي مكان على الأرض فمن الممكن بسهولة تمييز المواسم الستة للموسمية الذين سبق وصفهم . وفي الصحارى والأراضي الجافة يكون المطر هو العامل الأكثر أهمية في ظهور الموسمية ، فقد لاتسقط أمطار في بعض السنوات بحيث لاتسمح بنمو بعض النباتات . والمعروف أن زيادة نمو النباتات في المواسم المختلفة يؤدي إلى زيادة إنتاجية النظام البيئي .

٤ - الحيوية أو القوة Vitality (Vigour)

يتعلق اصطلاح الحيوية Vitality بحالة النباتات ومقدرتها على استكمال دورة حياتها في حين يشير اصطلاح القوة Vigour بصفة خاصة إلى الحالة الصحية أو قوة نمو النبات خلال مرحلة معينة كمرحلة البادرة أو مرحلة ظهور الأزهار ، ويوصف نمو النبات بأنه قوي Vigorous أو ضعيف Feeble ، وهناك عدة خواص تستخدم في تحديد قوة النبات مثل معدلات النمو الكلية ، وعلى الأخص الارتفاع وسرعة نمو الأغصان والأوراق في بداية الربيع أو عقب الحش أو الرعي وكمية النمو الخضري وميعاد التزهير وعدد الأزهار ومقدار النمو الجذري ومعدله ومقدار الهلاك نتيجة الآفات الحشرية ومقدار الأجزاء الميتة وخصوصا في النباتات ذات الطابع الوسادي أو المفترش Cushion plants .

أما صفة الحيوية فيستخدم المقياس التالي لوصفها :

أ - نباتات ذوات نمو جيد تكمل دورة حياتها دائما .

ب - نباتات قوية النمو الخضري ولكنها غالبا غير قادرة على استكمال دورة حياتها .

جـ - نباتات ضعيفة لاتكمل دورة حياتها أبدا ولكنها تتكاثر خضريا .

د - نباتات تظهر من وقت إلى آخر عن طريق البذور ولكنها لاتزداد في العدد ومثال ذلك النباتات الموسمية .

والحيوية والقوة والسلوك الفينولوجي يمكن أن تستعمل للتمييز بين ما يسمى بالطرز (الأنماط) البيئية Ecotypes وهي أفراد نباتية تابعة لنوع ما وتتشابه في صفاتها المورفولوجية ولكنها تختلف في احتياجاتها البيئية . فعند تجميع أفراد تابعة لنفس النوع من عدة بيئات وزراعتها في بيئة واحدة ، فإن

مقدار التباين في حيويتها وسلوكها الفينولوجي يحدد ما إذا كانت تنتمي إلى نفس الطراز (النمط) البيئي أو إلى أكثر من طراز بيئي . والاحتياجات البيئية لكل طراز بيئي تتحدد وتتبلور نتيجة التغيرات التي تحدث به على مدى العصور ، ومن ثم فإنه يصبح قادرا على أن يعكس التغيرات الدقيقة في الظروف البيئية .

٥ - الطبقية أو التنضد

الطبقية Stratification تعني وجود النباتات أو أجزائها في مستويات مختلفة في نفس الموقع . وتحدث الطبقية نتيجة التباين في الاحتياجات للأنواع النباتية المختلفة ، ومن ثم فإنها تنمو في طبقات تختلف عندها الظروف البيئية من حرارة وضوء ورطوبة . . . إلخ ، ويختلف عدد الطبقات فوق الأرض طبقا لطبيعة المجتمع النباتي ؛ فالمجتمعات الرائدة Pioneer communities التي تمثل المراحل الأولى من المجتمعات ، تتكون في العادة من طبقة واحدة مشتملة على نباتات بسيطة مثل الأشن والحزازيات والحوليات الصغيرة . ولكن كلما تقدم تكوين المجتمع (زيادة التعاقب) زاد عدد الطبقات .

والطبقية تبدو واضحة في الغابات الاستوائية المطيرة ، ففي نيجيريا على سبيل المثال نجد أن الطبقة العليا تتكون من أشجار ارتفاعها بين ٣٦ - ٤٥ مترًا تقريبًا . إلا أن عدد الأنواع النباتية في هذه الطبقة محدود وتتصف بأغصانها المنتشرة في شبه مظلة قطرها يصل إلى نحو ٢٤ مترًا ، إلا أن الأغصان التابعة لكل شجرة لاتلامس أغصان الأشجار المجاورة . أما الطبقة المتوسطة ، وأطوال أشجارها بين ١٥ و ٣٦ مترًا ، فتتكون من العديد من الأنواع النباتية بتيجانها المستديرة المتلاصقة والتي قد يصل قطر كل منها إلى نحو ٢,٧ متر تقريبًا . وأما الطبقة الشجيرية الدنيا فارتفاع أنواعها لايصل إلى أكثر من ١٥ مترًا وتيجانها مخروطية الشكل وأوراقها كبيرة الحجم والتيجان متلاصقة ومرتبطة بأنواع نباتية أخرى متسلقة . أما الطبقة تحت الشجيرية فتتكون من نباتات قصيرة إلا أنها ضعيفة التكوين وغير محددة بوضوح ، وأما طبقة الأعشاب فهي أقل نضجا وتحديدا ولايزيد طولها عن متر واحد ولا توجد طبقة النباتات الأرضية على الإطلاق .

والتركيب النوعي لكل طبقة يمكن أن يختلف من منطقة إلى أخرى ، ومن ثم فإن مجموعات مختلفة من النباتات متشابهة في مظهر حياتها يمكن تمييزها . وكما تحدث طبقية في المجموع الخضري تحدث أيضا في المجموع الجذري . وترجع طبقية المجموع الجذري إلى عوامل كثيرة منها التباين في المحتوى الرطوبي للتربة وكمية ما تحتويه من أملاح معدنية في طبقاتها المختلفة ونوعيتها .

٦ - الترابط الاجتماعي (الاجتماعية) Sociability

تشير هذه الصفة إلى تقارب النباتات بعضها إلى بعض . وهي خاصيَّةٌ تعتمد على موسمية

النباتات وقوتها وعلى طبيعة الوسط الذي توجد به ، وكذلك على مدى المنافسة بين هذه النباتات وطبيعة هذه المنافسة . . . إلخ . وقد وضع العالم براون بلانكيه Braun - Blanqiet مقاييس للتعبير عن الترابط الاجتماعي استخدمت على نطاق واسع في الدراسات التحليلية للغطاء النباتي ، وهذه المقاييس هي :

أ – نباتات تنمو متباعدة ويرمز لها بالرمز + .

ب – نباتات تنمو في مجموعات صغيرة أو حزم متباعدة ومنتشرة وتعطى رقم ١ .

جـ – نباتات تنمو في مساحات صغيرة منتشرة فيما يشبه الوسائد وتعطى رقم ٢ .

د – نباتات تنمو في مساحات كبيرة وتعطى رقم ٣ .

هـ – نباتات ذات نمو متصل وتعطى رقم ٤ .

واصطلاح الترابط بين الأنواع Interspecific association يعبر عن نمو نوع أو أكثر من النباتات في تقارب واضح ومتكرر . والترابط بين الأنواع يعود إلى التشابه في احتياجاتها الغذائية ومجالها البيئي والجغرافي ، كما يعود أيضا إلى اختلاف في طبيعة النمو وخاصة فيما يتعلق بوجود الجذور على أعماق مختلفة حيث يقلل هذا من المنافسة ، وبالتالي يساعد على الترابط بينها . ويحدث الترابط أيضا نتيجة للتطفل أو للحماية أو الظل ، وقد يكون الترابط معنويا بدرجة كبيرة بحيث يصبح وجودُ نوعٍ ما دليلا على وجود نوع آخر . ومقدرة الترابط بين الأنواع ذات أهمية كبيرة ، وخاصة عند محاولة إدخال أنواع جديدة من نباتات المراعي على سبيل المثال في منطقة ما ؛ حيث يعتمد ذلك بدرجة كبيرة على مقدرة هذه النباتات على أن تترابط مع غيرها من النباتات المحلية . وتعبر المقدرة الكبيرة على الترابط لمثل هذه الأنواع عن إمكانية نجاحها في استيطان المنطقة المراد زراعتها بها .

ب – الصفات الكمية Quantitative characters

١ – الكثافة Density

تعبر الكثافة عن عدد الأفراد النباتية في وحدة المساحة في منطقة ما . وقد تعبر الكثافة عن عدد الأفراد النباتية بغض النظر عن النوع الذي تتبعه ، أو تختص بأفراد تابعة لنوع واحد . ولما كان عدد الأفراد في وحدة المساحة يختلف من موقع إلى آخر داخل نفس المنطقة ، فإن الحصول على بيانات تتعلق بالكثافة يتطلب أخذ القراءات من مواقع عديدة حتى تكون النتائج معقولة ومرضية . والقيم المعبرة عن الكثافة ذات أهمية للتعبير عن أهمية الأنواع في منطقة ما ، إلا أن ذلك صحيح فقط عندما تكون الأنواع متشابهة في مظهر حياتها وحجمها ، ولكن عندما تختلف النباتات في طرز حياتها وحجمها – كما هو الحال في غطاء نباتي خليط من الحشائش والأعشاب والشجيرات القصيرة – فإن قيم الكثافة وحدها تصبح غير كافية للمقارنة بين أهمية الأنواع ولابد من إدخال قيم أخرى تتعلق بكمية

الغطاء النباتي . كما أنه من الصعب في حالة النباتات التي تنمو في صورة حصيرة أن نحصي عدد أفرادها . وفي مثل هذه الظروف يصبح من الأفضل أن نقيس المساحة التي يغطيها كل نوع بدلا من أن نعد أفراده .

٢ – الغطـــاء Cover or area occupied

الغطاء هو اصطلاح مقصود به التعبير عن المساحة التي يغطيها المجموع الخضري من الأرض . وهناك اصطلاح آخر يستخدم لقياس الغطاء يسمى مساحة القاعدة Basal area وهو المساحة من الأرض ، المختَرَقة فعلا بالسيقان والتي ترى بوضوح عندما تزال الأوراق وتقطع السيقان عند مستوى نحو ٢,٥ سم من سطح الأرض أو أي مستوى آخر يراه الباحث مناسبا . وحساب مساحة الغطاء النباتي ذو فائدة كبيرة في دراسات أراضي المراعي وأثر الرعي عليها وكذلك دراسة تأثير وجود النباتات على انجراف التربة بمياه الأمطار أو تعريتها بالرياح . وفي هذه الحالات يحاول الباحث أن يربط بين ضغوط مختلفة من الرعي أو عوامل أخرى وما يحدث للغطاء النباتي من تغيير مع الزمن .

وهناك عدة طرق للحصول على قياسات للغطاء النباتي بين هذه الطرق عمل رسومات Charting أو قياس الطول الذي يقطعه النبات من خط يمتد عبر الغطاء النباتي أو بطريقة الدبابيس المدلاة من فوق النباتات عبر مسافة تعكس التباين الموجود في الغطاء النباتي .

٣ – الارتفـــاع Height

ارتفاع النبات مقياس جيد ومناسب لحالة النباتات وقوتها ، ومن ثم يمكن اتخاذه دليلا للتعرف على نجاح النبات في البيئات التي يراد زراعته بها . وغالبا ما توجد علاقة ترابط قوية بين أطوال النباتات وأوزانها ، ويمكن استخدام منحنيات النمو في الطول للحصول على بيانات تتعلق بالوزن . وغالبا ما توجد بين ارتفاع المجموع الخضري وعمق الجذور رابطة قوية موجبة ، ولذلك فإن دراسات ارتفاع المجموع الخضري قد تكون ذات دلالة كبيرة عن مدى تعمق الجذور في التربة ، وعلى الرغم من ذلك فإن التوازن بين النمو الخضري والنمو الجذري يختلف من نوع إلى آخر .

٤ – الوزن Weight

يعتبر تقدير وزن النبات أحد الخواص الرئيسة بين الصفات الكمية ؛ إذ إن الزيادة في الوزن من الممكن أن تكون أحسن مقياس منفرد يعبر عن النمو ، في حين أن الارتفاع ومساحة المجموع الخضري يُعدَّان مقياسين يعبران عن شغل الفراغ ، أما الوزن فهو المقياس الكمي للكتلة الكلية من المواد البنائية والغذائية والبروتوبلازم وغيرها من المواد التي كوَّنها النبات من خلال عمليات البناء الضوئي . ومعظم الدراسات المتعلقة بوزن النبات تعتمد على قياس وزن المجموع الخضري . وفي السنين الأخيرة اتجهت

الأنظار إلى قياس وزن المجموع الجذري لما له من أهمية كبرى في التحكم في كمية النمو الخضري . وعند دراسة نباتات المراعي يجب تقدير كمية النباتات التي تأكلها حيوانات المرعى . ويتم ذلك بحصر عدد النباتات أو الأفرع التي تأكلها الحيوانات ووزن كل نبات أو كل فرع ، ومن هذه النتائج يحسب الوزن من النباتات الذي ترعاه الحيوانات . وعند دراسة أثر الرعي على نباتات المراعي فإن مساحة معينة تتم حمايتها من الرعي ومقارنة نتائج هذه المساحة بنتائج المساحات التي ترعاها الحيوانات .

٥ - الحجم Volume

تعبر هذه الصفة عن المكان الذي يشغله النبات . ويقدر حجم النباتات الصغيرة بغمسها في الماء وتحديد حجم الماء المزاح . والعلاقة بين حجم النبات ووزنه كثيرا ما تستخدم لتحديد الوزن ، إلا أن هذه العلاقة خاصة بكل نوع نباتي على حدة ، والسبب أن كثافة النباتات تختلف باختلاف أنواعها .

٦ - التـــردد Frequency

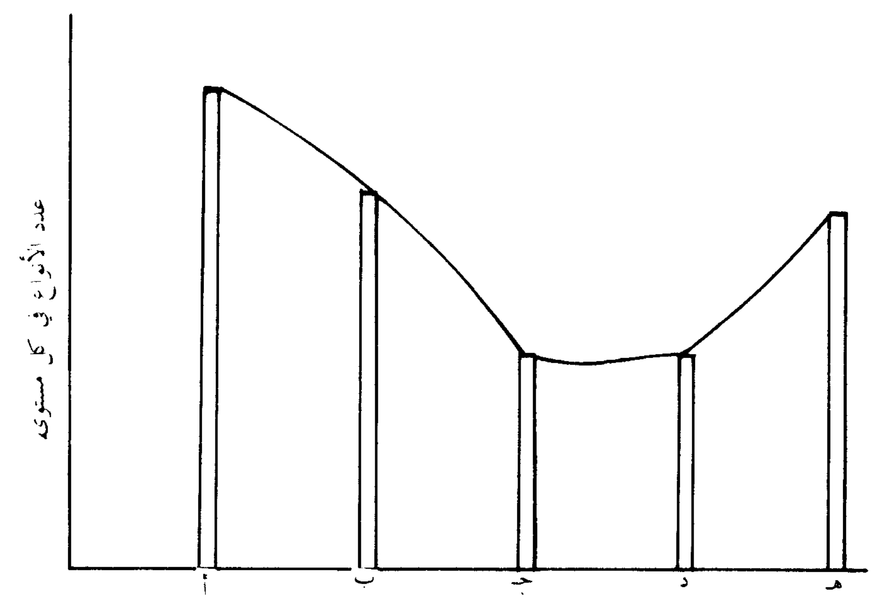
التردد هو اصطلاح للتعبير عن درجة انتظام توزيع الأنواع النباتية المختلفة داخل المجتمع النباتي ، ويقاس كنسبة مئوية للأماكن (المربعات) التي تحتوي على النوع المراد معرفة درجة انتظام توزيعه وتسمى هذه النسبة دليل التردد .

$$\text{دليل التردد} = \frac{\text{عدد المربعات الموجود بها النوع}}{\text{عدد المربعات الكلي}} \times ١٠٠$$

وعند دراسة التردد تقسم الأنواع النباتية في مجتمع ما إلى خمسة مستويات على أساس تردد وجودها في المربعات وهي :

أ - أنواع موجودة في ١ - ٢٠٪ من المربعات .
ب - أنواع موجودة في ٢١ - ٤٠٪ من المربعات .
جـ - أنواع موجودة في ٤١ - ٦٠٪ من المربعات .
د - أنواع موجودة في ٦١ - ٨٠٪ من المربعات .
هـ - أنواع موجودة في ٨١ - ١٠٠٪ من المربعات .

وقد وجد رونكير Raunkiaer أن عدد الأنواع النباتية في المستوى أ يكون كبيرًا ثم يقل هذا العدد في المستويات ب ، جـ ، د ، ثم يعود إلى الارتفاع في المستوى (هـ) . وعند وضع قيم التردد في المستويات الخمسة مقابل القيم النسبية لعدد الأنواع في كل مستوى ينتج شكل يعرف بنموذج التردد Frequency diagram وهذا النموذج له شكل عام ، حيث تكون أ > ب > جـ > د > هـ ويمكن توضيحه كما بالشكل رقم (٩) .



شكل (٩) منحنى التردد

ويكون عدد الأنواع في المستوى أ دائما كبيرا ؛ لأن ذلك يعبر عن عدد الأنواع الموجودة بعدد قليل في كثير من المربعات ، أما العدد الكبير في المستوى هـ فيدل على تجانس الموقع ، حيث يزداد عدد أنواع النباتات ذات القوة العالية على المنافسة ، الأمر الذي يمنع الأنواع الأخرى من أن تساويها في التردد ؛ فكلما زاد العدد في المستوى هـ دل ذلك على تجانس المجتمع ، في حين تدل زيادة عدد الأنواع في المستويات ب ، جـ ، د على عدم تجانس المجتمع النباتي .

ومن الجدير بالذكر أنه من أجل الحصول على نتائج مرضية في الدراسات البيئية للنباتات ، فإن معامل التردد يجب أن يستعمل مع بعض الدلائل الكمية للمجتمعات النباتية كالوزن والكثافة والغطاء . والقيم النسبية لهذه الخواص المعبرة عن كل نوع من النباتات على حدة تكوِّن في مجموعها ما يسمى بقيمة الأهمية Importance value لهذا النوع . وفي حالة دراسة هذه الصفات فإن قيمة الأهمية تتراوح بين صفر و ٤٠٠ .

ثانيا : الخصائص التركيبية

Synthetic characteristics

الخصائص التركيبية للمجتمع النباتي ماهي إلا اصطلاحات لوصف المجتمع النباتي مستمدة من

الخصائص التحليلية السابقة الذكر . وقد سبق ذكر هذه الصفات وفيما يلي إيضاح لها :

١ - الوجود والثبوت

تعبر صفة الوجود والثبوت عن كيفية وجود نوع ما من النباتات بانتظام داخل المواقع المختلفة بالمجتمع النباتي . فعندما يوجد نوع ما في ١٨ موقعًا من ٢٠ موقعا تمثل مجتمعا نباتيا ، فإن وجود هذا النوع يساوي ٩٠٪ . وصفة الثبوت تستخدم عندما تكون المواقع متساوية المساحة ، أما صفة الوجود فتستعمل عند استخدام مساحات غير متساوية . وعند استعمال وحدة واحدة للدراسة في كل موقع فإن مساحة هذه الوحدة يجب أن تكون من الاتساع بحيث تشمل كل الأنواع في هذا الموقع أو معظمها . وهذه المساحة تسمى بالمساحة الصغرى Minimal area ، وهي تختلف في مساحتها من غطاء نباتي إلى آخر وتنقسم الأنواع حسب صفة الوجود والثبوت إلى خمس درجات هي :

أ - نادر الوجود Rarely present وتوجد في ١ - ٢٠ من المربعات .

ب - قليل الوجود Seldom present وتوجد في ٢١ - ٤٠ من المربعات .

جـ - شائع الوجود Often present وتوجد في ٤١ - ٦٠ من المربعات .

د - موجود غالبا Mostly present وتوجد في ٦١ - ٨٠ من المربعات .

هـ - موجود دائما Constantly present وتوجد في ٨١ - ١٠٠ من المربعات .

ووجود عدد كبير من الأنواع في الدرجتين د . هـ يدل على درجة كبيرة من التجانس في المجتمع النباتي .

٢ - الوفاء أو الولاء Fidelity

تشير هذه الصفة إلى الدرجة التي يُحَدِّد بها النوع النباتي انتماءه إلى العشيرة التي ينمو بها . والأنواع التي توجد في عدد من المجتمعات توصف بأنها ذات وفاء (ولاء) ضعيف ، في حين تعرف الأنواع التي تنتمي إلى عشيرة واحدة بأنها ذات وفاء (ولاء) قوي . والعوامل التي تؤثر في مقدرة الأنواع النباتية على أن توجد في مجتمع واحد أو أكثر هي الاحتياجات البيئية والقدرة على المنافسة . وتنقسم الأنواع من حيث ولاؤها لمجتمع معين إلى خمسة أقسام :

أ - غريبة Strange : تظهر بالصدفة .

ب - غير مميزة الولاء Indifferent : ليس لديها ميل نحو مجتمع معين .

جـ - مميَّزة الولاء Preform : لديها ميل للنمو في مجتمع معين .

د - متميِّزة Selective : توجد في مجتمع واحد ولكنها تظهر في مجتمعات أخرى أحيانا .

هـ - محددة الولاء Exclusive : توجد في مجتمع واحد فقط ولاتظهر في مجتمعات أخرى .

والأنواع من الأقسام جـ ، د ، هـ تسمى الأنواع المميَّزة للمجتمع Characteristic species وبالطبع فإنه من الواجب النظر إلى هذه الأنواع على أنها الأنواع التي بإمكانها النمو تحت الظروف البيئية السائدة بالمنطقة .

٣ – السيادة Dominance

السيادة هي خصيصة من خصائص الغطاء النباتي تعبر عن التأثير السيادي لنوع أو أكثر من الأنواع النباتية في موقع ما على باقي الأنواع ، فيقل عددها وتضعف مقدرتها على النمو وتصبح إما محدودة الانتشار وإما نادرة الوجود . والنباتات السائدة هي الأنواع ذات القدرة على النجاح تحت الظروف البيئية للوسط لدرجة أنها تحدد – بدرجة كبيرة – الظروف التي يجب أن تعيش تحتها النباتات المرافقة . وكمية الغطاء والكثافة هما الصفتان الرئيستان اللتان تحددان السيادة ولكن التردد والارتفاع وطرز الحياة والحيوية تعتبر أيضا من الصفات الهامة في تحديد السيادة ، وتنقسم الأنواع إلى خمس درجات بالنسبة لمقدرتها على السيادة حسب المساحة التي تغطيها من المربع والتي قد تعكس عدد الأفراد من النوع في هذا المربع :

أ – نادرة جدا Spares : وهي تغطي أقل من ٥٪ من المساحة .

ب – نادرة Rare : وهي تغطي من ٥ – ٢٥٪ من المساحة .

جـ – متوسطة السيادة Fair : وهي تغطي من ٢٥ – ٥٠٪ من المساحة .

د – سائدة Dominant : وهي تغطي من ٥٠ – ٧٥٪ من المساحة .

هـ – سائدة جدا Very dominant : وهي تغطي من ٧٥ – ١٠٠٪ من المساحة .

٤ – الوفـــرة Abundance

وهي صفة تعبر عن مدى وفرة نوع ما من النباتات في منطقة معينة . وغالبا ما يتم حساب وفرة الأنواع بعددها في المربع ، وهي تنقسم إلى خمس درجات :

أ – نادرة : إذا كان النوع ممثلا بعدد ١ – ٤ نباتات في المربع .

ب – قليلة : إذا كان النوع ممثلا بعدد ٥ – ١٤ نباتًا في المربع .

جـ – شائعة : إذا كان النوع ممثلا بعدد ١٥ – ٢٩ نباتًا في المربع .

د – وفيرة : إذا كان النوع ممثلا بعدد ٣٠ – ٩٩ نباتًا في المربع .

هـ – وفيرة جدا : إذا كان النوع ممثلا بعدد ١٠٠ نباتٍ أو أكثر .

ويمكن حساب متوسط الوفرة في المجتمع من المعادلة التالية :

$$\text{متوسط الوفرة} = \frac{\text{مجموع قيم الوفرة}}{\text{عدد المربعات}}$$

٥ – المظهر العام Physiognomy

تعبر المظهرية عن الشكل العام أو المظهر العام للنباتات في موقع ما . والمظهر العام للغطاء النباتي يحدده العديد من الصفات الكيفية والكمية مثل طبيعة الأنواع السائدة وطرز حياتها وكثافتها ومقدار تغطيتها وارتفاعها وعلاقاتها الاجتماعية . وتعتبر المظهرية من الخصائص التركيبية ويجب التعرف عليها كمرحلة أولى قبل البدء في تحديد التركيب النوعي لهذه المجتمعات .

٦ – النسـق Pattern

يحدث النسق في الغطاء النباتي نتيجة وجود أفراده في شكل تجمعات أو على أية صورة أخرى تبعد توزيع أفراده عن العشوائية . والتباين في مظهر التجمعات في الغطاء النباتي مثل وجود المجاميع الشجرية بين مجاميع عشبية أو نجيلية على شواطىء البحيرات يعمق وجود النسق . أما إذا كان التباين طفيفا كاختلاف في كثافة الأنواع أو مقدار تغطيتها للأرض أو معدل وجودها ، فإن تحديده يتطلب دراسةَ كميةِ الكساء الخضري قبل تأكيد وجود نسق من عدمه . وأسباب حدوث النسق يمكن حصرها في ثلاثة مؤشرات :

أ – أسباب مورفولوجية : وفيها يسبب النُّمو الخضريُّ للأعضاء التكاثرية كالريزومات والكورومات والدرنات وجودَ النسق .

ب – أسباب اجتماعية : حيث تؤدي المنافسة بين الأنواع أو قدرتها على المعاشرة دورا هاما في تحديد النسق .

جـ – عوامل موقعية : وفيها يكون لتضاريس الأرض وتباين محتوياتها من الرطوبة والمواد الغذائية وغيرها من العوامل ، أكبرُ الأثرِ في وجود النسق في توزيع الغطاء النباتي .



الفصل الثاني



Community Change

■ التعاقب المائى ■ التعاقب الجفافي ■ خصائص المجتمع الذروي
■ طرق دراسة الكساء الخضري .

تعيش المجتمعات والنظم البيئية في حالة دينامية ، وتعتبر الغابة نموذجا جيدا لتوضيح التغيرات في المجتمع البيئي ؛ فهي مكان مختلف من الليل إلى النهار ، ومن الربيع إلى الخريف ، ويأتي عليها الشتاء كمقدمة لموسم جديد من النمو . وتنقسم التغيرات التي تحدث بالمجتمعات البيئية إلى ثلاثة أنواع :

النوع الأول

ويسمى تغيرات غير توجيهية Indirectional وهي تغيرات لاتبدل المجتمع تبديلا دائما فهي تغيرات إحلالية مرتبطة بالحفاظ على حالة الاستقرار في المجتمعات الثابتة . وتشمل أيضا عددا من التغيرات الدورية Periodical أوضحها الدورات اليومية للضوء والظلام والدورات السنوية لدرجة الحرارة وفترة الإضاءة والأمطار وتشمل أيضا التقلبات Fluctuations في المجتمعات التي ترتبط بالتقلبات المناخية مثل التغيرات التي تحدث أحياناً في أرض الحشائش التي تنتج عن عدة سنوات من الجفاف .

النوع الثاني

ويعرف بالتغيرات التوجيهية Directional وينتج عنها تبديل دائم للمجتمع ، وهي تتضمن التغيرات ذات المدى الطويل الناتجة عن تغيرات مناخية ذات مدى طويل مثل تبديل النباتات والحيوانات مع قدوم الجليد وانحساره ، والتغيرات الأخرى التي ينتج عنها ظهور أنواع من النباتات والحيوانات وانقراضها ، وهذه التغيرات تشمل التغيرات التي حدثت على الكرة الأرضية ونشأ عنها تغيرات جذرية في طبيعة الحياة على شكل الأرض .

النوع الثالث

ويشمل التغيرات التي ينتج عنها مجتمع الذروة Climax community ويسمى ذلك بالتعاقب Succession والتغيرات المسببة للتعاقب تعتبر من التغيرات التوجيهية ، ولكنها ذات أهمية كبيرة ؛ لأنها تؤدي إلى ظهور مجتمعات يسمى كل منها بالمجتمع الذروي وهي مجتمعات ثابتة Stable communities ، ولذلك فسوف نتناول التعاقب ببعض التفصيل .

إذا تصورنا أن هناك منطقة ما لاتحتوي على حياة أو تجردت تماما من كسائها الخضري بالنيران أو الفيضان أو أية وسيلة أخرى ثم توافرت بها بعض سبل الحياة كظهور العيون المائية أو الأنهار ، فإن هذه المنطقة لاتظل عارية من النباتات طويلا بل إنها تستعمر تدريجيا بعدد قليل من الأنواع النباتية ثم ينشأ بها كساء خضري جديد عن طريق التعاقب ، والتعاقب هو التسلسل أو التتابع التدريجي في أنواع النباتات التي تظهر في منطقة خالية مجموعة تلو الأخرى نتيجة لتفاعل النباتات بعضها مع بعض ومع البيئة ، وكنتاج لتنافس هذه النباتات على المصادر البيئية حتى يستقر في النهاية طور ثابت مع العوامل المناخية في المنطقة وهو ما يعرف بالمجتمع الذروي .

والنباتات التي تغزو المنطقة الخالية من الحياة تسمى الأنواع الغازية Invaders والمجتمع الذي يظهر في هذه المرحلة يسمى المجتمع الريادي Pioneer community وهذا المجتمع لايبقى ثابتا لفترة طويلة ؛ فبمضي الوقت تختفي أنواع وتظهر أنواع أخرى وهكذا . وبعد مضي عشرات السنين أو مئات السنين أو آلاف السنين سيظهر مجتمع ثابت أو في حالة مستقرة هو المجتمع الذروي . والمجتمع الريادي يتميز بالاحتواء على أنواع قليلة هي التي تستطيع الهجرة إلى المنطقة أولا ، كما أن بإمكانها الحياة تحت الظروف البيئية المتطرفة أحيانا والتي غالبا ما تكون سائدة في المنطقة الجديدة . وهذه الأنواع غالبا ما تتوافر لها وسيلة

الانتشار السريع عن طريق بذورها التي تنتقل بوساطة الرياح أو بوساطة الطيور والثديات لمسافات طويلة ، كما تتميز بقلة احتياجاتها من الغذاء الموجود بالتربة . وفي بادىء الأمر قد تكون الأعشاب الحولية هي الأكثر أهمية في السنوات الأولى من التعاقب ، ولكن لاتلبث أن يحل محلها الأعشاب المعمرة ذات المقدرة العالية على الاحتلال ، فهي تستطيع أن توطد نفسها وأن تحافظ على مكانها حيث تنتشر عن طريق التكاثر الخضري ، أما الحوليات فهي تترك مكانها سريعا بسبب ضرورة نموها من البذرة كل عام . ويحدث التعاقب من مجتمع تسوده الأعشاب وغالبا ما يكون قريبا من مجتمع الذروة .

ويسمى هذا التتابع بدءًا من الأرض الجرداء إلى مجتمع الذروة بالسلسلة المتعاقبة أو سلسلة التعاقب Succession series ويرجع الفضل إلى العالم كليمنتس Clements في إلقاء الضوء الأساسي على سلسلة التعاقب لعدد كبير من المجتمعات في بيئات مختلفة . وهو الذي أدخل استعمال المقطع لنهاية جزء يوضح أو يدل على البيئة التي يحدث بها التعاقب ، فتعاقبُ النباتات المائية يطلق عليه Hydrosere والتعاقب في البيئة الجافة يطلق عليه Xerosere وفي البيئة الملحية Halosere وعلى منطقة رملية Psammosere وعلى صخر جاف Lithosere . . . وهكذا .

وقد يبدأ التعاقب بطرق كثيرة ومختلفة ؛ فالتعاقب الذي يبدأ على أرض جرداء تماما لم يكن بها مجتمع من قبل يسمى بالتعاقب الأولى Primary succession . ويسمى التعاقُبُ الذي يحدث على مناطق كانت تدعم مجتمعا بالفعل من أرض محاصيل مهجورة سمح لها باستعادة كسائها الخضري أو جزء من غابة حرقت ، بالتعاقب الثانوي Secondry succession . والتعاقب الثانوي عادة أسرع من التعاقب الأولي ؛ لأن سبل الحياة في المنطقة التي يحدث بها التعاقب الثانوي غالبا ما تكون أفضل من المناطق الجرداء ؛ لأن التربة غالبا ما تكون غنية بالعناصر الغذائية . وفي حدود أي مجتمع سواء كان مرحليا أو ذرويا وسواء حدث التعاقب أوليا أو ثانويا فإن الوسط البيئي الدقيق أو المواطن الدقيقة Microhabitats تساند التتابع وتؤثر فيه بصورة ما . ومن الصعب تعريف السلسلة المتعاقبة الدقيقة ، فمثلا عندما تموت شجرة في غابة فإن التغيرات الدقيقة المتتابعة والتي تشمل الحشرات المختلفة والكائنات الأخرى التي تشترك في تفتيت الشجرة وتحليلها واختفائها من أرض الغابة هي سلسلة متعاقبة دقيقة .

وقد سبقت الإشارة إلى مراحل تطور الكساء الخضري من الهجرة حتى مرحلة الاستقرار التي يحدث فيها الاتزان بين المجتمع الذروي للكساء الخضري وبين المناخ في البيئة التي يعيش بها . وفيما يلي شرح تفصيلي لأهم سلاسل التعاقب للكساء الخضري . وعلى أي حال يمكن اعتبار التعاقب الملحي نوعا خاصا من التعاقب المائي ، كما يمكن اعتبار التعاقب على الرمال والتعاقب على الصخور نوعين من التعاقب الجفافي .

التعاقب المائي

وتشمل سلسلة التعاقب المائي Hydrosere عددا من الأطوار أهمها :

١ – طور النباتات المغمورة

تعتبر النباتات المغمورة Submerged plants المرحلة الأولى في سلسلة التعاقب المائي وهي مجموعة خاصة من النباتات تنمو تحت سطح الماء بالقرب من الشواطيء ، حيث يكون عمق الماء أقل من ٦ أمتار ومن أمثلتها الإلوديا *Elodea* ونخشوش الماء *Ceratophyllum* ولسان البحر *Potamogeton* ، وغالبا ما تثبت هذه النباتات جذورها على القاع . وباستمرار نمو هذه النباتات عاما بعد عام وبسبب موت بعض أجزائها تتراكم بقاياها على القاع ويحدث لها تحلل جزئي ، ويعمل ذلك على تقليل عمق الماء وزيادة خصوبة تربة القاع ، الأمر الذي يساعد على اختفاء النباتات المغمورة تدريجيا وظهور نباتات طافية .

٢ – طور النباتات الطافية

عندما يتناقص عمق الماء إلى نحو مترين تبدأ النباتات الطافية Floating plants في غزو البيئة وتسود تدريجيا على النباتات المغمورة . ويبدأ نمو هذه النباتات في المواقع الضحلة على حافات البحيرات ثم تزحف تدريجيا . الأمر الذي يتسبب في موت النباتات المغمورة التي يتسبب موتها وتكدس بقاياها على القاع في تقليل عمق الماء حتى يصبح ضحلا . ومن أمثلة هذه النباتات زنابق الماء المختلفة مثل البشنين *Nymphaea* والكاستاليا *Castalia* وكذلك البوليجونم *Polygonum* وغير ذلك من النباتات . وهذه الأنواع لها جذور مثبتة في القاع ولها ريزومات قد تصل في طولها إلى عدة أمتار كما أن هناك بعض النباتات الطافية التي لاتكون مثبتة في القاع مثل أنواع فصيلة عدس الماء Lemnaceae والياسنت (ورد النيل) *Echiornia* . ومع زيادة نمو هذه النباتات فإن أوراقها تتقارب فتحجب الضوء تدريجيا عما تحتها ويقل عمق الماء نتيجة فقده عن طريق النتح من أوراق النباتات . ومع نقص كمية الماء تصبح البحيرة غير صالحة لنمو النباتات الطافية . وملائمة لظهور نباتات المستنقعات التي يلائمها الماء ذو العمق الضحل .

٣ – طور المستنقعات القصبية

تبدأ هذه النباتات في الظهور عندما يتراوح عمق الماء بين ثلث المتر والمتر . وهي تتميز بأن لها ريزومات كبيرة كثيرة التفرع ومن أمثلتها البوط *Typha* والغاب *Phragmites* وأنواع من السعد *Cyperus* . وكلما تقدم نمو نباتات المستنقعات Swamp plants وازدادت كثافتها قلت الإضاءة بالنسبة للنباتات الطافية فتموت وتتراكم بقاياها ، الأمر الذي يتسبب في تناقص عمق الماء فتصبح البيئة بالتدريج غير صالحة لنمو أغلب نباتات المستنقعات فتبدأ نباتات أخرى في الظهور .

٤ - طور المروج

عندما تختفي نباتات المستنقعات تزداد كمية الضوء التي يتعرض لها الرواد الأوائل من نباتات المروج Meadow grasses التي تزداد بالتدرج . وهي تتألف من نباتات كثيرة ذات ريزومات كبيرة متشابكة تخرج منها جذور كثيفة كثيرة التفرع يلتف بعضها حول بعض فتصنع ما يشبه البساط ، وبالتالي تجف التربة وينخفض مستوى الماء إلى بضعة سنتيمترات . ومن أمثلة هذه النباتات أنواع كثيرة تابعة لجنس كاركس *Carex* وجنس الأسل *Juncus* . وعندما تصل بيئة المروج إلى حالة معينة من الجفاف تتلاشى هذه النباتات تدريجيا ويحل محلها بعض النباتات العشبية كالنعناع *Mentha* ثم تبدأ بعض الشجيرات في الظهور . وغالبا ما تكون بالبيئة بعض المناطق المنخفضة التي تكون فيها نسبة كبيرة من الماء فتبقى بعض النباتات كالحجنة والأسل كآثار للمجتمع القديم وتظل موجودة حيث يزيد جفاف التربة .

٥ - الطور الشجيري والشجري

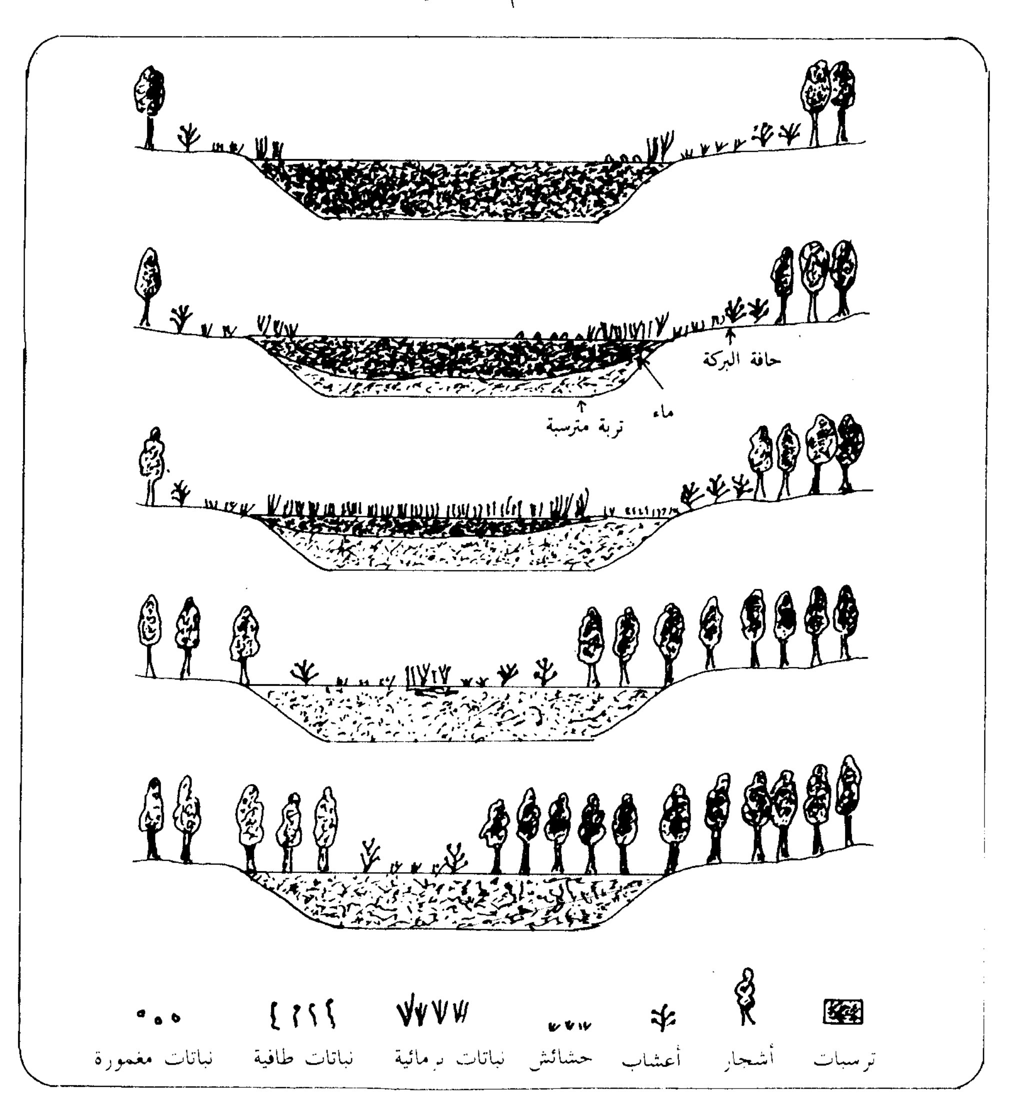
عندما يزداد جفاف الوسط البيئي يصبح ملائما لنمو بعض الشجيرات والأشجار Shrubs and trees من الأنواع التي تستطيع تحمل تشبع التربة بالماء حول جذورها مثل أشجار الصفصاف *Salix* التي تتكاثر بسرعة وتغطي مساحات كبيرة مكونة أحراجًا كثيفة . وينمو معها بعد ذلك أشجار أخرى كالحور *Populus* فتزداد مساحتها وتضفي ظلا واضحا على البيئة . وذلك يجعل البيئة غير صالحة للأنواع المحبة للضوء التي يتكون منها مجتمع المروج فتختفي هذه الأنواع تدريجيا حتى تختفي نهائيا وتحل محلها الأعشاب المحبة للظل فتنمو بين الأشجار والشجيرات .

٦ - طور الغابة الذروي Forest climax stage

بزيادة نسبة الدُّبال في التربة ونتيجة للظل والرطوبة على الأرض يزداد نمو البكتريا والفطريات وتزداد نسبة التحلل . ويؤدي ذلك إلى ظهور مجتمع جديد من النباتات والكائنات الدقيقة . وتشجع زيادة نسبة الدبال Humus في التربة على نمو أشجار من البلوط *Querecus* والمران *Fraxinus* والهيكوري *Carya* وتحت هامات الأشجار تنمو مجتمعات مختلفة من الشجيرات والأعشاب المصاحبة . ويتوقف مدى نموها على المدى الذي تسمح به هذه الأشجار من ظل وفراغ وتكون أرضية الغابة مغطاة بأنواع مختلفة من السراخس والحزازيات والأشن والفطريات . ويوضح الشكل رقم (١٠) مراحل التعاقب المائي .

التعاقب الجفافي

تبدأ تعاقبات الجفاف Xeroseres على الصخر أو الرمال وتبدأ سلسلة التعاقب الجفافي بمرحلة الأشن القشرية .



شكل (١٠) رسم تخطيطي يوضح مراحل التعاقب المائي

عن : عبدالله الشيخ وسعيد البسيوني (١٩٨٦)

١ - طور الأشن القشرية

لعل الأسباب التي تجعل الأشن القشرية Crustose lichens أول الكائنات الحية في سلسلة التعاقب الجفافي هي قدرة هذه النباتات دون غيرها على النمو في بيئة شديدة الجفاف كالصخور والأحجار وما يماثلها . والأُشْنَة عبارة عن فطر وطحلب يعيشان معيشة تكافلية Symbiotic يحصل منها الفطر على غذائه الكربوهيدراتي عن طريق الطحلب ، ويحتمي الطحلب بالفطر من الجفاف . وخلال عملية تنفس

الأشن وذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء يتكون حمض الكربونيك الذي يعمل على تفتيت الصخور فتتمكن أشباه الجذور من اختراق الصخر لبضعة مليمترات فتتمكن من امتصاص العناصر المعدنية التي تحتاجها وتحصل على النتروجين من الماء والغبار الذي تحمله الرياح . وينتشر الأشن من صخرة إلى صخرة بوساطة الأبواغ Spores أو وحدات تكاثرية خاصة تعرف بالسوريدات . ومع استمرار تحليل الأشن للصخر وبفعل عوامل التفتيت الأخرى في البيئة تصبح تغيرات التربة أكثر ملاءمة لظهور نباتات أخرى غير الأشن القشرية ، ويختلف ذلك باختلاف نوع الصخور ودرجة قابليتها للتحلل .

٢ – طور الأُشَن الورقية

تبدأ الأشن الورقية Foliose lichens في الظهور عند ظهور تجمعات للتربة ولو كان تجمعا لبضع حبيبات وتحل محل الأشن القشرية . وبظهور هذه الأشن في مواضع معينة يقل البخر في هذه المواضع فتزيد الرطوبة ، كما تقوم الحافات الورقية المفلطحة لهذه الأشن بتظليل ما تحتها من أشن قشرية الأمر الذي يؤدي إلى انتهاء الأشن القشرية وتحللها فتزداد نسبة الدبال تدريجيا ، كما يزداد تأكُل الصخور بالأحماض الناتجة من الأشن الورقية فتصبح البيئة ملائمة لنمو أنواع أخرى من الأُشَن تُسمى الأشن الشجيرية Fruticose lichens تعمل على ارتفاع رطوبة التربة وزيادة الدبال بها ، الأمر الذي يساعد على تغير الظروف البيئية لنمو مجموعة أخرى من النباتات هي الحزازيات .

٣ – طور الحزازيات Mosses stage

عندما تزداد تجمعات التربة وبصفة خاصة في الشقوق والمنخفضات الصغيرة من الصخر يبدأ ظهور الحزازيات الجفافية وأهمها عدة أنواع من جنس بوليتريكم *Polytrichum* والحزاز الأسود *Grimmia* والحزاز اللولبي من جنس تورتولا *Tortula* وكلها تكون قد هاجرت إلى المكان عن طريق أبواغها . وبنمو الحزازيات تتشابك أشباه جذورها وتتفرع وتدخل في منافسة مع أشباه جذور الأشن الورقية فتتغلب عليها . وسرعان ما تتجمع حبيبات التربة وبقايا الأشن وما تذروه الرياح من سيقان الحزازيات فيزيد سمك طبقة التربة وتصبح ملائمة لنمو بعض الأعشاب .

٤ – طور الأعشاب Herbs stage

تبدأ بعض النباتات العشبية الصغيرة في النمو ، وخصوصا الحوليات القصيرة العمر ، وبزيادة نموها تزداد نسبة الدبال في التربة ويزداد تماسكها ورطوبتها وذلك يسمح بنمو نباتات الأعشاب الثنائية الحول والمعمرة . وتؤدي الزيادة المطردة للأعشاب إلى زيادة الظل على سطح التربة فتزداد رطوبتها وهذا يسمح بنمو كائنات التربة الدقيقة من بكتيريا وفطريات . فتزداد التفاعلات التي من شأنها أن تسمح بنمو المزيد من الأعشاب . ويؤدي هذا إلى القضاء على أطوار الأشن والحزازيات وزيادة طور الأعشاب ، ومن أهم الأعشاب الرائدة في هذا الطور البوا *Poa* والفستوكا *Festuca* والفرباسكم *Verbascum* .

٥ – طور الشجيرات Shurbs stage

يؤدي نمو الأعشاب المعمرة وما سبقها وما يعيش معها من نباتات إلى زيادة سمك طبقة التربة وزيادة خصوبتها . الأمر الذي يعطي الفرصة لنمو الشجيرات Shurbs التي تبدأ عادة من البذور أو تأتي من مناطق مجاورة . وبزيادة نمو هذه الشجيرات وزيادة كثافتها تلقي ظلالها على الأعشاب . وعندما تصل غزارة هذه الشجيرات إلى حد معين تصبح درجة الإضاءة غير كافية لنمو الأعشاب فتضمحل وتندثر تدريجيا . ويزداد التجمع على أرضية المكان من أوراقها وأفرعها الميتة وتتحلل جذورها في التربة فتزداد خصوبة التربة ورطوبتها . الأمر الذي يسمح بتعمق نمو جذورها في التربة فتزداد خصوبتها ورطوبتها . وذلك يسمح بتوافر الماء . الأمر الذي يجعل الظروف مناسبة لنمو الشجيرات .

٦ – طور الغابة الذروي Forest climax stage

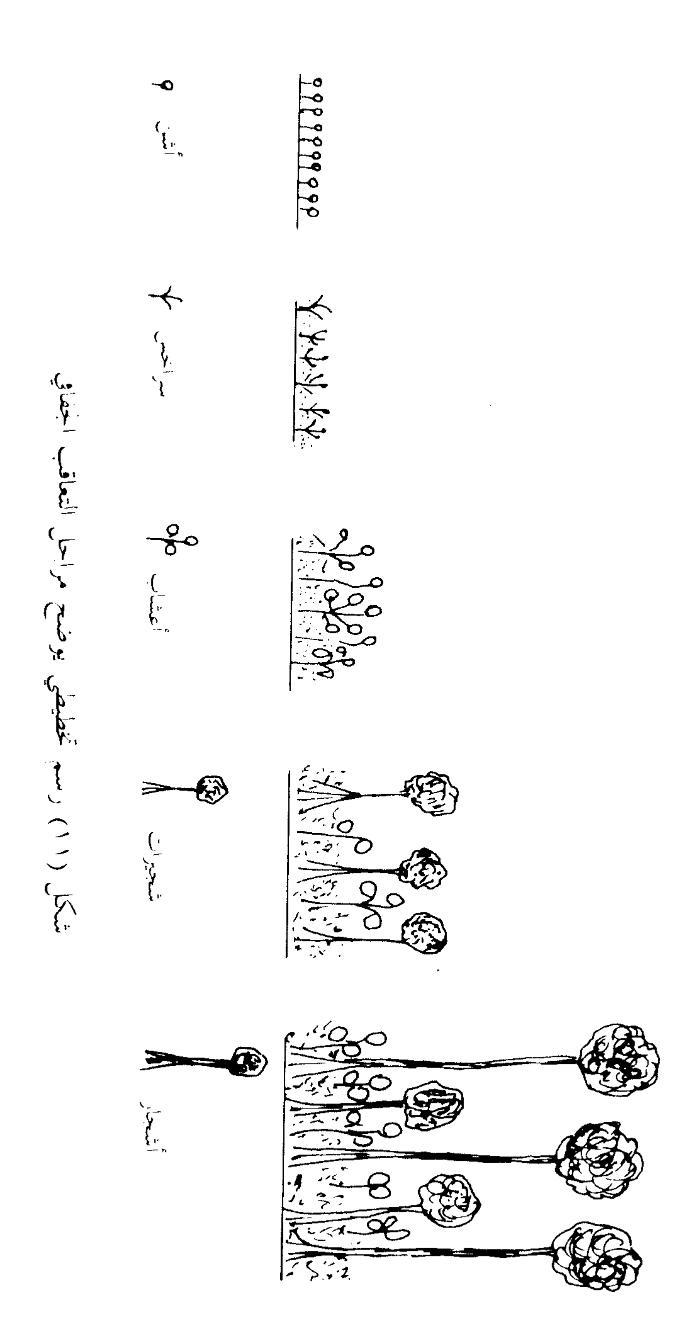
يظهر أول ما يظهر من الأشجار تلك التي تستطيع أن تتحمل الجفاف نسبيا . والتي تنمو على شكل أفراد متباعدة . ولا تلبث أن ترتفع الأشجار ويزداد انتشارها أفقيا فتتشابك الغصون على شكل مظلة تظلل ما تحتها من شجيرات وأعشاب . وتنمو الأعشاب القادرة على الحياة في رطوبة مرتفعة وضوء خافت . وتنمو أيضا الحزازيات والفطريات والسراخس . ومع زيادة التفاعلات التي تحدث بين الأشجار والبيئة . تتحسن خواص التربة وتزداد كائناتها الدقيقة ويزداد سمكها فتكون مناسبة لنمو الأشجار الوسطية . وفي النهاية تتغير البيئة كما يحدث في حالة التعاقب المائي من بيئة متطرفة إلى بيئة متوسطة من حيث العلاقات المائية . ويتطلب ذلك تغيرًا في التطرف من حيث نوع نباتات الكساء الخضري . ويوضح الشكل رقم (١١) مراحل التعاقب الجفافي .

خصائص المجتمع الذروي

يتميز المجتمع الذروي Climax community بالخصائص التالية :

١ – يميل المجتمع الذروي إلى أن يكون وسطيا Mesic من حيث المناخ الذي يوجد فيه والنباتات التي تنمو به . في حين تكون المجتمعات الريادية جفافية Xeric أو مائية Hydric نسبيا .

٢ - يوجد بالمجتمع الذروي عدد كبير من الأنواع ويكون التنوع به أكثر كثيرا من المجتمعات غير الذروية التي تميل إلى أن يكون بها تجمعات كبيرة لعدد قليل من الأنواع . ويرجع ذلك بالطبع إلى الظروف المتطرفة التي تمر بها المجتمعات الرائدة .



شكل (١١) رسم تخطيطي يوضح مراحل التعاقب الجفافي

٣ - يميل المجتمع الذروي إلى التعضي بدرجة كبيرة حيث تكون الطبقية أكثر تعقيدا . كما تكون الشبكات الغذائية وسريان الطاقة أكثر تعقيدا من المجتمعات الرائدة .

٤ - يستطيع المجتمع الذروي أن يتحمل التفاعلات الخاصة به . والتي تتضمن التغيرات غير التوجيهية والتغيرات اليومية والموسمية في الطقس .

طرق دراسة الكساء الخضري

Methods of Vegetation Analysis

تعتبر العشيرة من أهم رتب المجتمعات النباتية من وجهة النظر الاجتماعية . ولذلك فإن الدراسات الاجتماعية للمجتمعات النباتية قد تم إجراؤها على عشائر نباتية في كثير من المناطق . وبدراسة العشيرة يمكن تكوين فكرة شاملة عن الكساء الخضري بالمجتمع أو على الأقل تحديد نموذج له . فقد تتكرر العشيرة في مناطق مختلفة وجميع مكرراتها أمثلة لها . ولذلك فمن المهم تحديد العشيرة المراد دراستها وبعد ذلك تتخذ عدة خطوات لدراسة هذه العشيرة . ومن البديهي أنه لا يمكن حصر جميع الأنواع التي تتكون منها العشيرة ومعرفة خصائصها التحليلية والتركيبية ، لأن حصر جميع الأنواع في العشيرة أمر في حكم المعتذر . ولذلك فقد جرت العادة على الاكتفاء بأخذ عينات متفرقة من الكساء الخضري . وبتجميع المعلومات التي يتحصل عليها من هذه العينات المتفرقة يمكن تكوين فكرة واضحة عن العشيرة بأسرها . ولذلك فإنه من المهم التدقيق والعناية في اختيار العينات من حيث عددها وحجمها وتوزيعها لكي تكون معبرة بصدق عن المجتمع . وتوجد عدة طرق لأخذ العينات هي :

أ - طريقة المربعات Quadrat method

وفيها تكون العينات على شكل مساحات مربعة من الأراضي .

ب- طريقة القطاعات Transect method

وفيها تكون العينات على شكل خطوط تمر في مواضع مختلفة من العشيرة .

جـ- طريقة التصوير الفوتوغرافي Photographic method

وفيها يتم تصوير الكساء الخضري فوتوغرافيا وتكبير الصور إلى المقاس المطلوب ومقارنة صور مأخوذة لنفس المكان في أوقات متفرقة لمعرفة ما طرأ على الغطاء النباتي من تغير . وفي كثير من الحالات قد تستلزم الدراسة الجمع بين أكثر من طريقة لجمع البيانات .

أولا : طريقة المربعات

يوجد عدة أنواع من المربعات نذكر منها :

١ - مربع القائمة العددية List count quadrat

وهو عبارة عن مربع يتم تحديد أبعاده حسب كثافة الكساء الخضري وحصر جميع الأنواع به ومعرفة عدد الأفراد من كل نوع داخل هذه المساحة عن طريق العد المباشر . ويستخدم مربع القائمة في الحصول على معلومات تطبيقية مختلفة كتقدير كمية المحصول وإجراء دراسات دقيقة على نسبة الإنبات تحت ظروف مختلفة من التربة . ويستخدم أيضا في حصر الأمراض النباتية بمعرفة عدد النباتات المصابة .

٢ - مربع القطع والوزن Cut and weight quadrat

ويستعمل هذا النوع من المربعات في دراسات أراضي المراعي ، وذلك بقياس كمية كل نوع من الأنواع وعدده وحجمه . وهو يصلح فقط في حالة الغطاء النباتي المتكون من حشائش وأعشاب صغيرة . وفي هذه الطريقة يقطع كل نبات على حدة عند سطح الأرض ويوزن المجموع الخضري على انفراد ، ويقدم للماشية لمعرفة ما إذا كانت تقبل أكله أم لا . وهل النسبة بين الوزن الكلي للنبات والسيقان غير القابلة للأكل كبيرة أو صغيرة . وبذلك يمكن تحديد نسبة وزن كل نوع من النباتات إلى الوزن الكلي للكساء الخضري . ثم يتم عمل حصر للأنواع وأعدادها في جدول يعرف بجدول الوفرة .

جدول (١) نموذج مبسط لجدول الوفرة .

اسم النوع	عدد الأفراد في المربعات المختلفة								
	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح	ط
برسيم *Medicago*	٥	١٠	٨	٥	-	١٢	١	١٣	٦
لسان الحمل *Plantago*	٤	٢	٥	٧	١٠	١	٨	-	٢
القطف *Artiplex*	-	١	-	-	-	٢	-	١	-

٣ - المربع المستديم Permanent quadrat

ويستخدم هذا المربع عندما تكون هناك ضرورة لدراسة الموقع على فترات زمنية متكررة . وفي هذه الحالة يحدد المربع بأوتاد تدق في الأرض ولا تكون عائقا لحيوانات الرعي أو المرور في المنطقة ويمكن دراسة موقع هذا المربع عدة مرات على مدار العام أو في مدى أسابيع قليلة بأي طريقة من طرق دراسة الكساء

الخضري . والمربعات المستديمة في أراضي الحشائش والغابات توضح تغيرات أكيدة كلما تقدم الموسم . وباستخدامها يمكن الحصول على سجل كامل لمظاهر الكساء الخضري المختلفة في مواسم مختلفة كالربيع والصيف والخريف . ومن هذه المربعات أيضا نستطيع أن نتتبع طرق التكاثر الخضري وسرعته ومدى نجاحه وكذلك عن أعمار الأفراد . كما نحصل على معلومات كثيرة عن المنافسة بين الأنواع وكيف تؤثر في ظهور أنواع أخرى واختفائها . كذلك يمكن تقدير التغيرات التي تطرأ على البيئة نفسها نتيجة لتفاعل النباتات التي تعيش بها .

٤ – المربع المرسوم Chart quadrat

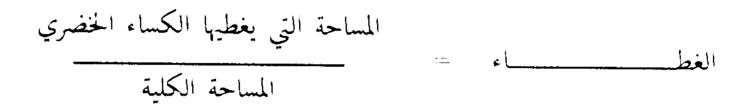
يتضمن مربع الخريطة أو المربع المرسوم معلومات وفيرة عن عدد الأنواع التي تتكون منها العشيرة إذا قورن بمربع القائمة أو مربع القطع والوزن . حيث إن هذا المربع يوضح التغطية النباتية الكلية والتغطية الجزئية لكل نوع على حدة . كما يمكن تقدير نسبة الفراغ وكثافة الأنواع المختلفة . وهذا المربع يعطي سجلا مفصلا للكساء الخضري . ويتم تحديد مساحة المربع عن طريق علامات ثابتة ثم يقسم هذا المربع إلى مربعات أصغر . ويتم تمثيل هذا المربع على ورقة مربعات رسم بياني كبيرة بمقياس رسم مناسب (شكل ١٢) وبعد ذلك يوضح بالرسم موضع كل نبات ومساحته داخل المربع المرسوم كما هو موجود في الطبيعة . والشيء الذي يوضح بالرسم هو تغطية المجموع الخضري لسطح الأرض . ويحدث أن يتداخل بعض النباتات مع بعضها . وفي هذه الحالة يجب تظليل المساحة التي يشملها التداخل ويرمز التظليل إلى أن الغطاء مضاعف . ومن هذا المربع يمكن حساب الكثافة والتردد والوفرة والغطاء كما يلي :

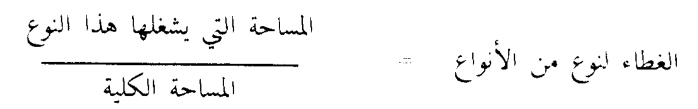
$$\text{الكثافة الكلية للغطاء} = \frac{\text{المجموع الكلي للأفراد}}{\text{المساحة الكلية}}$$

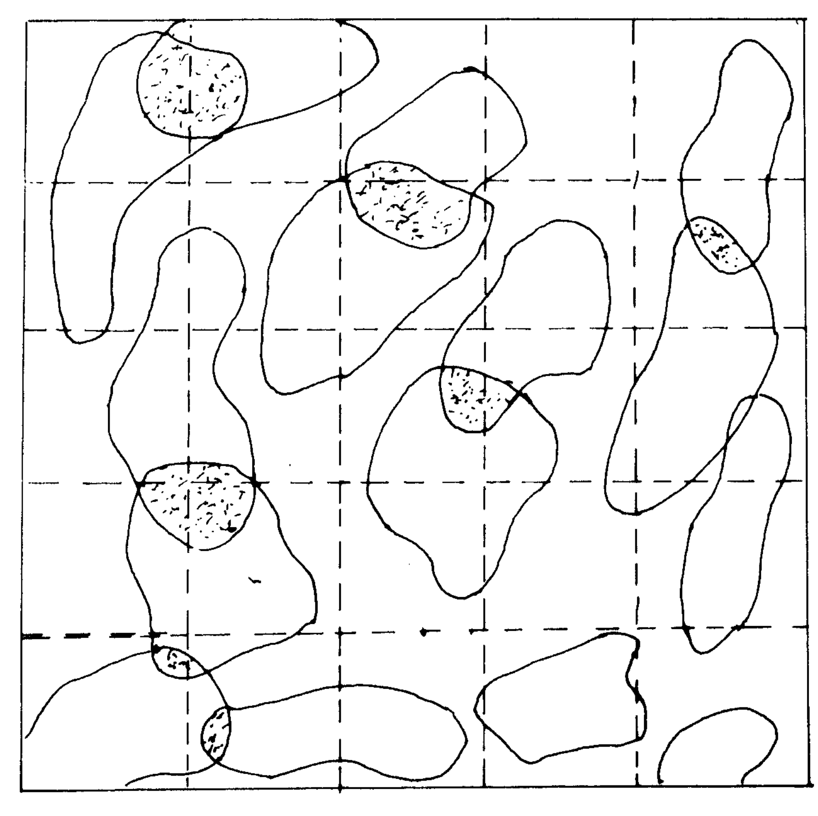
$$\text{الكثافة لنوع من الأنواع} = \frac{\text{مساحة النوع}}{\text{المساحة الكلية}} \times ١٠٠$$

$$\text{التردد} = \frac{\text{عدد المربعات التي يظهر فيها النوع}}{\text{العدد الكلي للمربعات}} \times ١٠٠$$

$$\text{الوفرة} = \frac{\text{مجموع قيم الوفرة}}{\text{عدد المربعات}}$$







شكل (١٢) مربع الخريطة

ثانيا : طريقة القطاعات Transects

تستخدم طريقة القطاعات - وهي عبارة عن شريط ضيق يمر عبر المنطقة التي يشغلها الكساء الخضري - عند دراسة العلاقة بين تغير الكساء الخضري وتغير الوسط البيئي ؛ كأن يحدث تغير في اتجاه الانحدار أو عدم الانتظام في سطح التربة أو طبيعتها لمعرفة القدر الذي يتغير به الكساء الخضري من موقع إلى آخر ضمن الكساء الخضري . وتوجد عدة أنواع من القطاعات نذكر منها :

أ – القطاع الحزامي أو الخطي Belt or line transect

وهذا القطاع عبارة عن شريط ذي اتساع ثابت يمتد إلى مسافات طويلة . ويُحدَّد عرض هذا القطاع بحيث يكون الاتساع كافيا لكي يضم القطاع قدرا كافيا من النباتات يمثل التركيب الحقيقي للكساء الخضري . ويتراوح عرض هذا القطاع من ١٠ سم في أرض الحشائش إلى عشرة أمتار في المجتمعات الشجرية . وعلى امتداد شريط هذا القطاع تتم دراسة خصائص الكساء الخضري عن طريق عمل مربعات عشوائية على مسافات تحددها طبيعة الكساء الخضري في المنطقة بالطرق التي سبق توضيحها في حالة المربعات ، وبالتالي يمكن تقدير بعض الخصائص الكيفية والكمية للمجتمع النباتي على طول القطاع .

ب – القطاع المعزول Fenced or separated transect

ويستخدم هذا النوع في إجراء دراسات على المراعي ، وهو عبارة عن شريطين طول كل منهما ١٠٠ متر واتساعه نحو ٧ أمتار ، وبينهما شريط ثالث يبقى كمساحة للمقارنة . وبتناوب الرعي في الشريطين الجانبيين يمكن دراسة نمو الكساء الخضري فيهما تحت تأثير الرعي لأية فترة من الزمن ، في حين يبقى الشريط الأوسط على طبيعته الأولى للمقارنة . ويمكن استخدام هذا القطاع أيضا لدراسة أثر عوامل أخرى كالحرائق أو إدخال نباتات جديدة إلى المجتمع .

جـ – القطاع الثنائي Bisect

ويستخدم القطاع الثنائي Bisect في دراسة تركيب الكساء الخضري بالنسبة للارتفاع والامتداد الجانبي للنباتات وامتداد جذورها في التربة وعلاقاتها البيئية . وهذا القطاع عبارة عن خندق خطي إلى عمق يتجاوز امتداد أعمق الجذور . وعن طريق هذا الخندق يمكن التعرف على المجموع الجذري والأعضاء الأرضية الأخرى كالدرنات والكورمات والأبصال ويقاس موضع كل منها وامتداده بعناية وترسم بمقياس رسم معين على ورق مربعات ، وبنفس الطريقة يتم تمثيل المجموع الخضري . ويمكن في بعض الحالات الاكتفاء بالأنواع السائدة فقط . ويلاحظ رسم المجموع الجذري والمجموع الخضري بنفس مقياس الرسم حتى يتم إعطاء صورة حقيقية للتناسب بين المجموعين الجذري والخضري .

وتحتاج خريطة القطاع الثنائي إلى مجهود شاق ، وخصوصا إذا كانت الجذور تمتد إلى عمق كبير في التربة .

ثالثا : طريقة الخرائط الفوتوغرافية Photographic charts

وبهذه الطريقة يمكن تصوير النباتات في أماكن معلومة المساحة بالتقاط صور متتالية . وهي طريقة توفر الوقت والجهد ، ولكن عند تداخل الكساء الخضري فإن الصور لا تعبر عن حقيقة الغطاء الخضري .

ويمكن وضع الكاميرا على ذراع طويل مرتكز على حامل ثلاثي يوضع في وسط المربع وبتحريك الذراع في شتى الاتجاهات يتم التقاط صور لكل المربع .



الباب الرابع

الوسط البيئي

The Habitat

■ عوامل المناخ ■ عوامل التربة ■ عوامل التضاريس ■ العوامل الأحيائية .



في مجال الدراسات البيئية ، يعني الوسطُ البيئيُّ (Habitat) مجموعةَ الظروف التي يعيش فيها الفرد أو العشيرة أو المجتمع . وكلمة Habitat كلمة لاتينية تعني المكان الذي يعيش به الكائن الحي . وعند دراسة أثر الظروف التي تؤثر على الكائنات الحية ، فمن الضروري التمييز بين الوسط البيئي للعشيرة أو المجتمع وبين الوسط الخاص بأفراد تعيش داخل العشيرة . فمن المؤكد أن الظروف التي تعيش فيها شجرة كبيرة تختلف عن تلك التي يعيش فيها سرخس صغير ينمو على قلف تلك الشجرة على الرغم من أن كلا منهما يشارك الآخر بعض الظروف كالمناخ العام .

ولكل عشيرة أو مجتمع نباتي مدى خاص من الوسط البيئي الذي يمكن أن يعيش فيه وقد يكون ذلك المدى كبيرا أو صغيرا ؛ فهناك بعض الأنواع التي تستطيع الحياة في ظروف بيئية متباينة من المناخ في مناطق متفرقة من العالم ، في حين توجد أنواع أخرى ذات مقدرة على النمو في منطقة معينة تتوافر بها ظروف بيئية خاصة . ولا يعني ذلك أن الأنواع التي تنمو في منطقة معينة في ظروف خاصة يقتصر وجودها على هذه المنطقة ؛ فقد تكون حديثة الهجرة في وسط بيئي آخر أو قد تكون في مرحلة توسع وسطها البيئي . وبصفة عامة فإن كل الأنواع دائمة العمل على زيادة مدى الوسط البيئي الذي تعيش فيه ويعتمد ذلك على عمر النبات أي على الوقت الذي قضاه النوع في المكان الذي ينمو فيه . وبالطبع فإن زيادة انتشار نوع ما – أي توسع وسطه البيئي – قد تحددها عوامل كثيرة كوجود المحيطات أو الجبال أو الصحارى أو وجود عشيرة نباتية مجاورة تنتشر إلى الخارج . ومع ذلك فإن بعض النباتات إذا نقلت عبر هذه المواقع إلى منطقة مناسبة فانها تتمكن من تثبيت نفسها في هذا المكان وتتكاثر به ، وذلك يحدث عند نقل نباتات من منطقة إلى أخرى ، كأن تنقل النباتات من أوروبا إلى أمريكا الشمالية أو استراليا أو نيوزيلاندة أو من غابات العالم القديم إلى غابات العالم الجديد . وفي الطبيعة فإن النباتات ذات القدرة العالية على استعمار مناطق جديدة غالبا ما تتميز بسرعة النمو وإنتاج بذور سهلة الانتشار بوساطة الرياح في زمن قصير ، كما في حالة الحشائش على سبيل المثال .

ومن المهم أن نعلم أنه لا يمكن فهم طبيعة الكساء الخضري بدون معرفة العوامل الموجودة بالوسط البيئي الذي يعيش فيه . ولا يكفي أن نعرف أن نباتا ما يوجد في وسط بيئي معين وأنه حيث يعيش توجد

أنواع أخرى في نفس المكان . بل المطلوب أن نعلم لماذا يعيش هذا النبات مع رفاقه في وسط بيئي بعينه ولا يمكنه الحياة في أوساط بيئية أخرى . ولذلك فدراسة تركيب الكساء الخضري وتوزيعه تتطلب معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للوسط البيئي ، وكيف تؤثر هذه العوامل على الغطاء الخضري . وعلى الرغم من أن دراسة خصائص الوسط البيئي عملية معقدة تتطلب أجهزة متقدمة ، إلا أن كثيرا من المعلومات الهامة يمكن معرفتها باستخدام بعض الأجهزة البسيطة . ولغرض الدراسة فإن عوامل الوسط البيئي والتي يشار إليها كثيرا بالعوامل البيئية Ecological factors تنقسم إلى أربعة أقسام رئيسة هي :

١ – عوامل مناخية Climatic factors .

٢ – عوامل التربة Edaphic factors .

٣ – عوامل التضاريس Physiographic factors .

٤ – عوامل أحيائية Biotic factors .

الفصل الأول

عوامل المناخ

Climatic Factors

■ الحرارة ■ الضوء ■ الرطوبة ■ الرياح ■ الماء

تشمل عوامل المناخ الخصائصَ العامة للمناخ في منطقة ما كفصول السنة والحرارة والضوء والمطر والرطوبة والرياح . وتختلف هذه العوامل بدرجة كبيرة من منطقة إلى أخرى وداخل نفس المنطقة وحتى في نفس المكان . ولذلك فإن قياس هذه العوامل ذو فائدة كبيرة . فقياس شدة الضوء ودرجات الحرارة والرطوبة النسبية وكمية المطر وسرعة الرياح تعكس المناخ العام في منطقة ما في وقت قياسها ولكنها لا تعطي معلومات موثوقًا بها عن الظروف المناخية السائدة على الكساء الخضري المراد دراسته ؛ لأن القراءات التي تؤخذ لهذه العوامل مرة واحدة نادرا ما تكون ذات أهمية . ومن الضروري قياس هذه العوامل بصفة مستمرة وحفظها في سجلات خاصة في محطة أرصاد محلية Local . ولكل مكان مناخ خاص يعرف بالمناخ الدقيق Microclimate والذي غالبا ما يتأثر بطبيعة الكساء الخضري ، إذ إن العوامل المناخية تختلف مع ارتفاع الكساء الخضري . وتعبر الاختلافات اليومية والموسمية لقراءات المناخ في مكان ما عن حقيقة الظروف التي تعيش فيها النباتات في هذا المكان وفيما يلي وصف للعوامل المناخية وبيان أثرها على النباتات .

أولاً : الحـــرارة
Temperature

والمقصود بالحرارة هنا حرارة الهواء ، والحرارة هي شكل من أشكال الطاقة ، ومصدرها الشمس . والطاقة الحرارية من أهم العوامل التي تؤثر على الكائنات الحية ، فدرجة الحرارة السائدة في المناطق المختلفة من العالم هي التي تحدد طبيعة النظام البيئي بهذه المناطق وخصائصه . فدرجة الحرارة في الماء لاتقل عن الصفر ولاتزيد عن ٣٦° م في حين قد تصل في المناطق الصحراوية إلى ٦٠° م ، وفي الصحراء الجليدية بسيبيريا قد تنخفض إلى ٧٠° م تحت الصفر ، وفي المناطق المعتدلة تتراوح بين بضع درجات فوق الصفر ونحو ٣٥° م .

ومن المعروف أن درجة الحرارة تتغير على مدار اليوم Diurnal وعلى مدار العام Seasonal ، كما أنها تتغير باختلاف خط العرض Latitude والارتفاع عن سطح البحر Altitude .كما أنها تتغير باختلاف الانحدار Slope . وهذه التغيرات ترتبط – إلى حد كبير – بحركة الأرض حول الشمس يوميا ومن الشمال إلى الجنوب على مدار العام ، ولذلك فإن المناطق المعتدلة الحرارة شتاء قد تكون حارة صيفا والمناطق المعتدلة صيفا قد تكون باردة شتاء .كما أن اختلاف درجة الحرارة يعتمد على الوسط البيئي ؛ فالبيئات المائية لايحدث بها سوى تغيرات طفيفة في درجة الحرارة من الليل إلى النهار ومن الشمس إلى الظل ، أما في البيئات الصحراوية فإن تغيرات درجة الحرارة من الليل إلى النهار ومن الشمس إلى الظل تكون كبيرة .

المناطق الحرارية العامة على سطح الأرض

ينقسم العالم حسب درجات الحرارة إلى مناطق حرارية عامة . ويعتبر تقسيم كوبن Koppen (شكل١٣) الذي يستند إلى خطوط الحرارة المتساوية على الأرض التي وضعها ميلر عام١٩٦٣م Miller ويتضمن هذا التقسيم النطاقات التالية :

١ – النطاق المداري

ويشمل هذا النطاق Tropical belt المنطقة الاستوائية والمدارية في وسط إفريقية وجنوب آسيا والبرازيل ، وفيه لايقل متوسط درجة الحرارة الشهري عن ٢٠° م في أي شهر من شهور السنة .

٢ – النطاقات شبه المدارية

ويشمل هذا النطاق Subtropical belt المناطق الواقعة شمال النطاق المداري وجنوبه . ويتميز بوجود فصل من السنة يتراوح طوله بين شهر وثمانية أشهر ويتراوح متوسط درجة الحرارة فيه بين ١٠ و

٢٠°م . أما في بقية شهور السنة فيزيد متوسط درجة الحرارة على ٢٠°م . والجدير بالذكر أن الدول العربية تقع في هذه النطاقات .

٣ – النطاقات المعتدلة

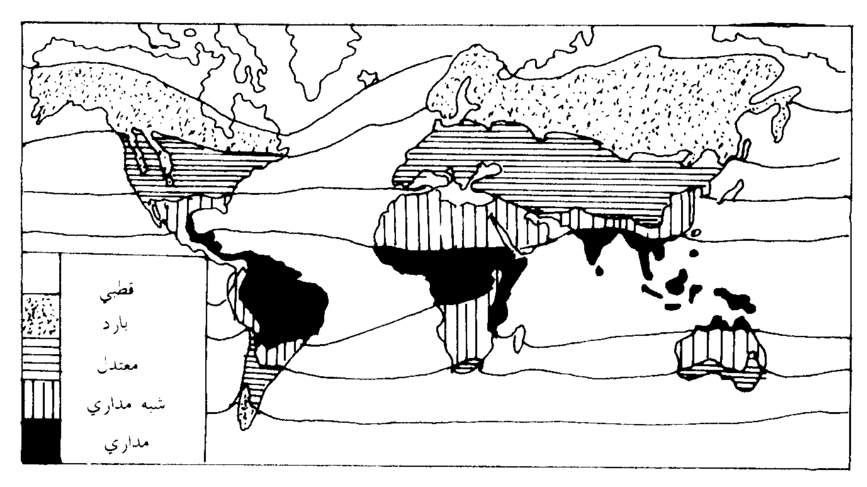
وتقع هذه النطاقات Temperate belts إلى الشمال من النطاقات شبه المدارية ، ويوجد أغلبها في نصف الكرة الشمالي وبصفة خاصة الولايات المتحدة الأمريكية في أمريكا الشمالية وجنوب أوروبا ووسطها ووسط آسيا والصين . أما في جنوب الكرة الأرضية فتوجد مناطق قليلة ضمن هذه النطاقات ، مثل جنوب أستراليا وأجزاء من الأرجنتين وشيلي في أمريكا الجنوبية . وتتميز هذه النطاقات بوجود فصل دافئ طويل يتراوح بين ٤ و ١٢ شهرًا ويتراوح متوسط درجة الحرارة الشهري فيه بين ١٠ و ٢٠°م أما بقية شهور السنة فينخفض متوسط درجة حرارتها عن ١٠°م .

٤ – النطاقات الباردة

وتغطي هذه النطاقات Cold belts المناطق الشمالية في أوروبا وآسيا ، وكندا في أمريكا الشمالية . وتتميز هذه النطاقات بوجود فصل دافئ يتراوح طوله بين شهر وأربعة أشهر ويتراوح فيه المتوسط الشهري لدرجة الحرارة بين ١٠ و ٢٠°م ، أما بقية شهور السنة فينخفض المتوسط الشهري لدرجة الحرارة عن ١٠°م .

٥ – النطاقات القطبية

وتوجد هذه النطاقات Polar belts في قطبي الكرة الشمالي والجنوبي وفيها لايزيد المتوسط الشهري لدرجة الحرارة عن ١٠ درجات في أي شهر من شهور السنة .



شكل (١٣) النطاقات الحرارية في العالم

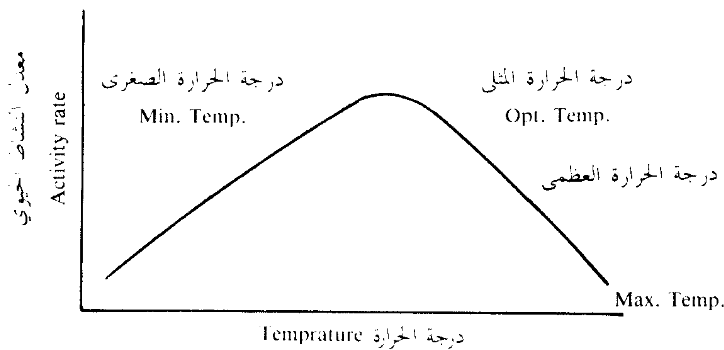
المدى الحراري للنباتات

من المعروف - طبقا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية - أن أية مادة تكون جزيئاتها ساكنة لاتتحرك عند درجة حرارة الصفر المطلق أي - ٢٧٣°م . ولذلك فعند درجة حرارة أكبر من الصفر المطلق تصبح جزيئات المادة في حركة يتناسب مقدارها تناسبا طرديا مع الحرارة التي تكتسبها الجزيئات . وبالنسبة للكائنات الحية فإن أهمية درجة الحرارة ترجع إلى أن درجة الحرارة تتحكم في معدل العمليات داخل الكائن الحي وبالتالي في نشاطه . وتسير معظم التفاعلات الحيوية داخل جسم الكائن الحي بدرجة أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة ، وبصفة عامة توجد علاقة بين معدل التفاعلات والزيادة في درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية يمكن التعبير عنها بالمعامل الحراري ويمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$Q_{10} = \frac{10}{T_2 - T_1} \left(\frac{K_1}{K_2} \right)$$

حيث T_1 و T_2 هي درجات الحرارة و K_1 و K_2 هي معدلات التفاعلات المصاحبة لهذه الدرجات ، وبارتفاع درجة الحرارة عن حد معين يتناقص معدل النشاط الحيوي للنباتات . ولكن هناك اختلافا جوهريا بين الكائنات من حيث العلاقة بينها وبين درجة الحرارة في الوسط البيئي . فالنباتات كائنات متغيرة الحرارة Biokilotherms تميل درجة حرارتها إلى التماثل مع درجة حرارة الوسط البيئي ، في حين تميل درجة الحرارة للجسم لمعظم الحيوانات إلى الثبات حتى لو تغيرت درجة حرارة الوسط ، ولذلك فهي تسمى بالكائنات الثابتة الحرارة Homeotherms . وعلى الرغم من أن درجة حرارة النبات تتبع درجة حرارة بيئته فإن هناك درجة حرارة صغرى Minimum temperature ودرجة حرارة عظمى Maximam temperature ولايستطيع النبات النمو في درجة حرارة أقل من درجة الحرارة الصغرى أو أعلى من العظمى . أما درجة الحرارة التي ينتعش عندها النبات فتعرف بدرجة الحرارة المثلى Optimum temperature . ومن المعروف أن النمو الجيد للنباتات هو محصلة العمليات الحيوية التي يقوم بها النبات ، وبصفة خاصة التمثيل الضوئي . فهذه العمليات يزداد معدلها بزيادة درجة الحرارة حتى درجة الحرارة المثلى ، ثم يبدأ المعدل في التناقص وتتوقف هذه العمليات تماما عند درجة حرارة أقل من الصغرى أو أعلى من العظمى كما يتضح من الشكل رقم (١٤) .

وتختلف درجة الحرارة التي يحدث عندها النمو الجيد للنباتات من مكان إلى آخر ؛ ففي المناطق الباردة يبدأ النمو عند درجات قليلة فوق الصفر وحتى ١٥°م ، أما في المناطق المعتدلة فإن درجة الحرارة المثلى للنمو تتراوح بين ١٥°م و٣٠°م في حين تتراوح درجة الحرارة العظمى للنمو بين ٣٠°م و ٤٠°م . في المناطق الحارة وبصفة عامة فإن الجذور تستطيع النمو في درجات حرارة أقل من المجموع الخضري ، ولذلك فمن المعتاد أن المجموع الجذري يبدأ في النمو قبل المجموع الخضري . وبالطبع فإن الأنواع المختلفة من النباتات تتباين في معدل نموها بالنسبة لدرجة الحرارة ، كما أن النباتات المنتمية إلى نفس النوع قد تنمو ولكن



شكل (١٤) منحنى معدل النشاط الحيوي مع درجة حرارة الجو

بمعدلات مختلفة في أماكن تتباين بها درجة الحرارة . كما أن نفس النباتات تحتاج إلى درجات حرارة مختلفة عند المراحل المختلفة من النمو ، وفي معظم النباتات نجد أن النمو الخضري يتم في درجة حرارة أقل من تلك التي يحدث عندها ظهور الأزهار وحدوث التلقيح والإخصاب وإنتاج البذور .

ويوضح الجدول التالي (رقم ٢) درجات الحرارة الصغرى والمثلى والعظمى لمجموعات نباتية مختلفة في أماكن مختلفة من العالم التي يحدث عندها إنبات هذه النباتات .

وعلى الرغم من أن درجة حرارة النبات تتغير تبعا لتغيرات درجة حرارة الوسط الذي يعيش فيه ، فإن أنسب درجة حرارة – لكي تتم العمليات الحيوية المختلفة بكفاية عالية – يجب ألا تزيد أو تقل عن درجة حرارة أنسجة النبات التي تتم بها هذه العمليات إلا بدرجات قليلة .

وتختلف درجة الحرارة المناسبة للعمليات الحيوية والكيميائية المختلفة التي تتم داخل جسم النبات ، فلا توجد درجة حرارة واحدة تناسب هذه العمليات . فالدرجة المناسبة لعملية التنفس أعلى كثيرا من تلك المناسبة للتمثيل الضوئي . ففي نبات البطاطس مثلا تكون الدرجة المناسبة لعمليتي البناء الضوئي وتخزين الغذاء هي ٢٠°م ، في حين تكون سرعة التنفس عند هذه الدرجة ١٢٪ فقط من السرعة القصوى لهذه العملية . أما عند درجة ٣٨°م فإن سرعة التنفس تصل إلى أقصاها في حين تتوقف عملية البناء الضوئي تماما . وحيث إن عمليتي النمو والإزهار تعتمدان على ما يتم تكوينه من مواد غذائية خلال عملية التمثيل الضوئي وليس على درجة احتراق هذه المواد خلال عملية التنفس ، فإن درجة الحرارة المناسبة للنباتات هي تلك التي تصل فيها عمليتا التمثيل الضوئي وتخزين المواد الغذائية أقصاهما .

تأثير الإجهاد الحراري على النباتات

الإجهاد الحراري Temperature stress هو تعريض النباتات لدرجة حراراة غير مناسبة لنموه . وليس من الضروري أن يسبب هذا الإجهاد تهديدا لحياة النبات بقدر ما يسبب استجابة دفاعية

جدول (٢) درجات الحرارة الصغرى والمثلى والعظمى لمجموعات نباتية مختلفة (عن لارشر Larcher ، ١٩٨٠م).

المجموعة النباتية	درجة الحرارة المئوية		
	الصغرى	المثلى	العظمى
الطفيليات المُمْرِضة للنبات	صفر - ٥	١٥ - ٣٠	٣٠ - ٤٠
فطريات التربة	٥	٢٥	٣٥
الفطريات المحبة للحرارة	٢٥	٤٥ - ٥٥	٦٠
حشائش المراعى	٣ - ٤	٢٥	٣٠
نبات الحبوب بالمناطق المعتدلة	٢ - ٥	٢٠ - ٢٥	٣٠ - ٣٧
حشائش المناطق الاستوائية	١٠ - ٢٠	٣٢ - ٤٠	٤٥ - ٥٠
أعشاب المراعى من ذوات الفلقتين	٢ - ٥	٢٠ - ٣٠	٣٥ - ٤٠
النباتات المنزرعة فى المناطق المعتدلة من ذوات الفلقتين	١ - ٣	١٥ - ٢٥	٣٠ - ٤٠
النباتات المنزرعة فى المناطق الاستوائية	١٠ - ٢٠	٣٠ - ٤٠	٤٥ - ٥٠
النباتات الصحراوية الصيفية	١٠	٢٠ - ٣٠	٣٥ - ٤٠
النباتات الصحراوية الشتوية	صفر	١٠ - ٢٠	٣٠
أشجار المناطق المعتدلة	صفر - ١٠	٢٠ - ٣٠	٣٥ - ٤٠

وتأقلمية بوساطة النباتات دون أن تكون في حالة كمون ، حيث إن أطوار الكمون التي تمر بها بعض النباتات تتحمل التقلبات الحرارية أكثر من المراحل الأخرى من حياتها .

وبصفة عامة ، فإن درجات الحرارة المرتفعة ودرجات الحرارة المنخفضة تسبب تعثر العمليات الحيوية التي تقوم بها النباتات ، كما أنها تحد من توزيع النباتات وانتشارها . ويعتمد تأثير هذه الحالات على شدة الحرارة ومدة تعرض النبات لها وعلى حالة النبات ومقدرته على مقاومة الارتفاع أو الانخفاض في درجة حرارة الوسط الذي يعيش فيه . وتختلف استجابة الظواهر الحيوية المختلفة للإجهاد الحراري ، ومن الظواهر الشديدة التأثير بارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها الحركة الدورانية للسيتوبلازم Cytoplasmic streaming وتركيب البلاستيدات الخضراء Chloroplast structure وعملية البناء الضوئي Photosynthesis حيث يحدث لهذه الظواهر اضطرابات عند تعرض النباتات لدرجات حرارة مرتفعة أو منخفضة لفترات قصيرة . وبزيادة فترة التعرض للإجهاد الحراري يحدث انهيار لأغشية الخلايا وتفقد قدرتها على النفاذية الاختيارية ويتبع ذلك تحلل المواد البروتينية داخل الخلايا ، وفي النهاية تموت الخلايا وبالطبع يموت النبات أيضا .

مقاومة النبات للإجهاد الحراري

يمكن تعريف مقاومة النبات للإجهاد الحراري Plant resistance to temperature stress بأنها المحصلة النهائية لمقدرة بروتوبلازم الخلايا النباتية على التعايش عند درجات حرارة غير مواتية لنمو النبات ومدى فعاليته في تأخير حدوث انهيار العمليات الحيوية أو منعه . وبصفة عامة توجد طريقتان تتبعهما النباتات لمقاومة الإجهاد الحراري ، الطريقة الأولى تسمى التجنب Avoidance والثانية تسمى التواؤم أو التأقلم Tolerance سواء لمقاومة ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها . ومن المهم أن نذكر في هذا المقام أن مقدرة البروتوبلازم على التأقلم للإجهاد الحراري هي صفة وراثية خاصة وطرز بيئته معينة من النباتات ، كما أن درجة تأثر النباتات بالإجهاد الحراري تختلف باختلاف المراحل التي يمر بها خلال دورة حياته ، وبصفة عامة فإن مرحلة النمو السريع ، كما في البادرات ، تكون أكثر المراحل حساسية للإجهاد الحراري .

ومن الأساليب التي تستخدمها النباتات لمقاومة الإجهاد الحراري والتأقلم على المعيشة في درجات حرارة مرتفعة أو منخفضة ما يلي :

١ - تأخير حدوث التجمد Freezing لأنسجتها عند درجات الحرارة دون الصفر المئوي : وذلك بتغيير الضغط الأسموزي Osmotic pressure لخلاياها ، وتؤدي بعض المواد الذائبة في البروتوبلازم دورا هاما في ذلك ، إذ إن وجودها يسبب انخفاض نقطة التجمد للأنسجة Freezing point depression لذلك يمكن ملاحظة الظواهر التالية :

أ – عند درجة حرارة الصفر المئوي تظل الأوراق والسيقان في حالة لينة غير متجمدة وبصفة خاصة في نباتات المناطق الباردة .

ب – الأشجار الدائمة الخضرة Evergreen plants تقاوم الصقيع خلال فصل الشتاء .

جـ – أزهار بعض النباتات تظل متفتحة خلال فترات الصقيع .

د – تبقى الأزهار والنورات في حالة جيدة خلال الليالي الباردة عند درجة حرارة قد تصل إلى – ١٥°م .

٢ – تقليل درجة الحرارة المرتفعة عن طريق انعكاس الأشعة الشمسية أو اتخاذ الأوراق أوضاعًا معينة لاتتعرض للأشعة ، كما أن معدل النتح يزداد ؛ حيث إن خروج الماء من الأوراق على هيئة بخار خلال عملية النتح يساعد على تلطيف درجة حرارة الأنسجة .

٣ – نزع الماء من الأنسجة Dehydration لمقاومة التجمد ودرجات الحرارة المرتفعة .

٤ – تكوين تحورات أرضية كالكورمات والأبصال والدرنات والريزومات .

٥ – تقليل معدل العمليات الحيوية خلال فترة الشتاء وسقوط الأوراق في بداية فصل الخريف .

٦ – حدوث فترة كمون في كثير من النباتات خلال فترة الحرارة المرتفعة أو المنخفضة .

تأثير درجة الحرارة على الكساء الخضري

عندما ترتفع درجة الحرارة صيفا عن الحد الذي يسمح بنمو النباتات فإن النباتات الحولية تنهي دورة حياتها الخضرية وتعطي بذورا تحتوي على أجنة محمية داخل البذرة والثمرة ، وتستطيع هذه الأجنة أن تبقى في سلام حتى يحين الفصل المناسب لإنباتها . أما النباتات المعمرة والتي تتساقط أجزاؤها الخضرية أو تموت فغالبا ما تتغلب على الارتفاع في درجة الحرارة عن طريق تحورات أرضية للسيقان تبقى في حالة سكون بعد موت الأجزاء الخضرية حتى يجدد النبات نشاطه عند حلول الموسم المناسب والذي يرتبط باعتدال درجة الحرارة وزيادة رطوبة التربة ، وعلى ذلك فإن درجة الحرارة تؤثر في تحديد الأنواع النباتية (الفلورا) التي تستوطن منطقة من المناطق ويكون تأثير درجة الحرارة أكثر في تحديد أنواع التكوينات النباتية التي يتكون منها الكساء الخضري . فمثلا توجد تكوينات الحشائش أو الغابات أو الصحارى في أكثر من منطقة حرارية في العالم ، ولكن الأنواع النباتية التي تدخل في تركيب التكوينات النباتية في هذه المناطق تختلف من منطقة إلى أخرى . وتجدر الإشارة أيضا إلى أن درجة الحرارة من أهم العوامل في توزيع نباتات المحاصيل في العالم ، فالقطن على سبيل المثال ينمو في المناطق المرتفعة الحرارة ويوجد حد شمالي لإنتاج القطن على نطاق تجاري ، وينطبق ذلك أيضا على القمح والمحاصيل الأخرى حيث يوجد لكل محصول حد أدنى من الحرارة ، الأمر الذي يجعل توزيعه مقصورا على المناطق التي لاتنخفض درجة حرارتها خلال موسم نمو المحصول دون هذا الحد .

التواقت الحراري

التواقت الحراري Thermoperiodism هو عملية تواؤم النباتات مع التغيرات اليومية في درجة الحرارة بما يناسب العمليات الحيوية المختلفة بالنباتات . والواقع أن نباتات كثيرة قد قامت بمواءمة عملياتها الحيوية مع التغيرات اليومية في درجة الحرارة بحيث لم تعد تستطيع أن تقوم بعملياتها الحيوية اليومية على الوجه الأكمل لو تعرضت لدرجة حرارة ثابتة طول اليوم . فقد وجد أن إنبات البذور مثلا يتم بمعدل أسرع وكمية أكبر لو أن البذور تعرضت أثناء إنباتها لتغيرات ملحوظة في درجة الحرارة . كما أن نمو البادرات يكون أسرع عند اختلاف درجة الحرارة أثناء الليل عنها أثناء النهار . فعلى سبيل المثال وجد أن نمو الطماطم وتكوين الثمار يكون أفضل ما يمكن عند درجة حرارة = ٢٦.٥°م أثناء النهار ونحو ١٨°م أثناء الليل .

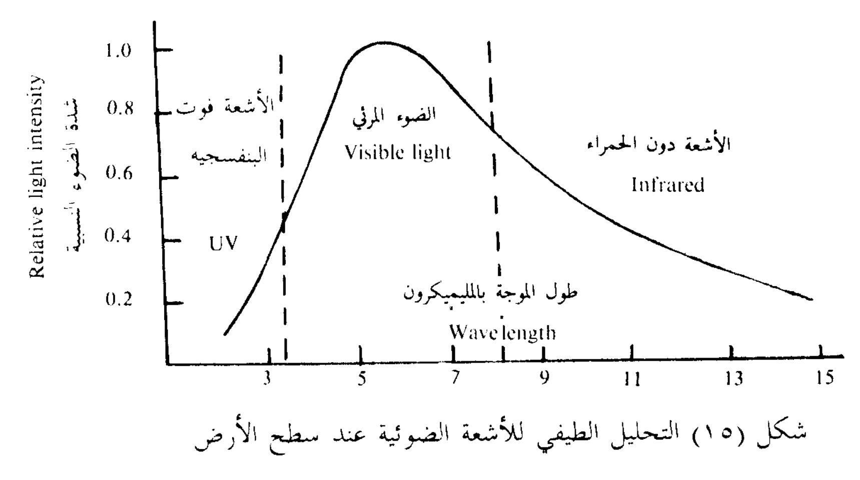
الارتبـــــاع

بعض النباتات يحتاج إلى التعرض لدرجة حرارة منخفضة أثناء الإنبات أو بعده بوقت قصير حتى تتمكن من إكمال دورة حياتها بسرعة وتعرف هذه الظاهرة بالارتباع Vernalization . ومن المعتقد أن حياة النبات الحولي تشتمل على سلسلة من المراحل تتم في تتابع محكم فلا يبدأ ظهور طور في حياة النبات قبل أن يستكمل الطور السابق له تماما . ويبدو أن التعرض لدرجة حرارة منخفضة ضروري لإتمام مرحلة معينة من مراحل النمو . الأمر الذي يؤدي إلى الانتقال المبكر من هذه المرحلة إلى المرحلة التي تليها ويؤدي ذلك إلى الوصول إلى مرحلة التكاثر مبكرا . ومن المعتقد أن الارتباع مرده إلى عمل هرموني يتم في الجنين ويعتمد على درجة حرارة منخفضة وقت الإنبات . وللارتباع أهمية اقتصادية ، فهو يؤدي إلى تقصير فترة نمو بعض النباتات الهامة وبصفة خاصة القمح في المناطق الباردة حيث يؤدي إلى نضج الحبوب قبل حلول موسم الشتاء .

ثانيًا : الضـــــوء
Light

الضوء هو صورة من صور الطاقة الحركية مصدرها الرئيس هو الشمس . ويوضح التحليل الطيفي لأشعة الشمس عند سطح الأرض - أنها تتكون من ثلاثة مكونات حسب طول موجة الأشعة ، وأهم هذه المكونات للحياة هي الضوء المرئي Visible light والذي يتميز بطول موجة يتراوح بين ٣٨٠ - ٧٨٠ مليميكرون ، وهو الجزء الذي يبدأ من الأشعة البنفسجية ذات الموجات القصيرة إلى الأشعة الحمراء ذات الموجات الطويلة . والموجات الأقصر من البنفسجية هي الأشعة فوت البنفسجية Ultraviolet وهي موجات مرئية للحشرات ولكنها ليست مرئية للبشر ، والموجات الأطول من الحمراء هي الأشعة دون

الحمراء Infrared والطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض تكون عند أقصى شدة لها في المنطقة الوسطى من الضوء المرئي . ويوضح الشكل (١٥) التحليل الطيفي للأشعة الشمسية عند سطح الأرض . وبسبب وجود طبقة الأوزون Ozone layer في الغلاف الجوي فإن القليل فقط من الأشعة فوت البنفسجية يصل إلى سطح الأرض .



شكل (١٥) التحليل الطيفي للأشعة الضوئية عند سطح الأرض

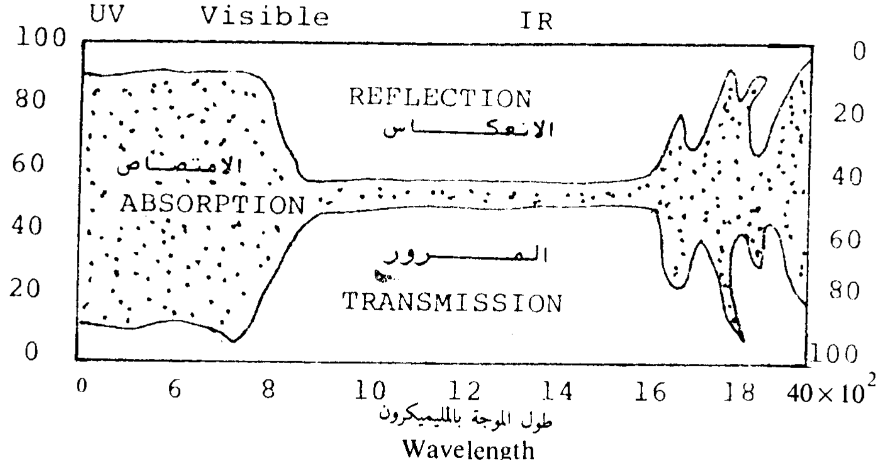
ويختلف توزيع الضوء على سطح الكرة الأرضية من مكان إلى آخر ، وتبلغ شدة الإضاءة أقصاها عند خط الاستواء حيث يزيد متوسط إشعاع الشمس الذي يسقط عند خط الاستواء إلى أكثر من ٢٠٠ كيلو سعر لكل سم^{٢} في السنة . ويقل متوسط الإشعاع للشمس الذي يصل إلى الأرض كلما اتجهنا شمالا أو جنوبا من خط الاستواء حيث يتراوح بين ١٠٠ - ٢٠٠ كيلو سعر لكل سم^{٢} في المناطق المعتدلة المناخ ، أما في المناطق الباردة والقطبية فإن متوسط الإشعاع للشمس الذي يصل إلى الأرض لايتعدى ١٠٠ كيلو سعر لكل سم^{٢} في السنة . وتتأثر شدة الضوء بعوامل أخرى كوجود السحب والضباب ، كما أن للكساء الخضري دورًا كبيرًا في توزيع الضوء على النباتات النامية في مكان واحد ، فالأشجار تستقبل كمية من الضوء أكبر مما تستقبله الشجيرات ، والشجيرات تستقبل كمية أكبر مما تستقبله الأعشاب والحشائش ؛ حيث إن الأشجار تحجب كمية كبيرة من الضوء عن الشجيرات والأعشاب وبصفة خاصة في مناطق الغابات ، ففي مناطق الغابات تقل كمية الضوء التي تصل إلى الطبقة العشبية إلى أقل من ١٠٪ من الإشعاع الشمسي الذي يسقط على الأشجار .

التأثيرات البيولوجية للضوء Biological effects of light

للضوء عدة تأثيرات على النباتات ، لعل أهمها هو اعتماد عملية التمثيل الضوئي على الضوء ، حيث يقوم النبات بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية . وبالطبع فإن للضوء دورًا هامًّا في بعض العمليات

الأخرى . وتستطيع النباتات – فضلا عن التمييز بين الضوء المرئي والأشعة فوت البنفسجية ودون الحمراء – أن تميز موجات الضوء المرئي . وعند سقوط الأشعة الضوئية على أوراق النباتات فإنها تمتص بوساطة هذه الأوراق أو تنعكس مرة أخرى إلى الجو أو تمر خلال الأوراق دون أن يكون لها أثر بيولوجي .

ويوضح الشكل (١٦) الكمية التي تمتص أو تنعكس أو تمر خلال الأوراق من الضوء المرئي أو الأشعة فوت البنفسجية أو دون الحمراء .



شكل (١٦) كمية الضوء الذي يمتصه النبات أو ينعكس أو يمر خلال الأوراق

(عن لارشر ١٩٨٠)

وبالنسبة للأشعة فوت البنفسجية والتي يبلغ طول موجاتها ٢٦٠ – ٣٨٠ مليميكرون فلا تمثل إلا قدرًا ضئيلاً من الأشعة الشمسية الساقطة على النباتات . وعلى الرغم من أن النبات يمتص نحو ٩٥٪ من الأشعة فوت البنفسجية ، فهي لاتنفذ إلى الخلايا الداخلية لأنسجة النبات التي تتم بها العمليات الحيوية ، إذ تحتجزها الطبقة الشمعية وطبقة الكيوتين التي تغطي البشرة . أما بالنسبة للأشعة دون الحمراء القريبة من منطقة الضوء المرئي ، والتي تتراوح أطوال موجاتها بين ٧٨٠ – ٣٠٠٠ مليميكرون ، فإن أكثر من نصفها يمر خلال الأوراق دون أن تكون له أية آثار بيولوجية وأكثر من ٤٠٪ منها ينعكس مرة أخرى والقليل من هذه الأشعة تمتصه الأوراق ، وتزداد نسبة امتصاص الأوراق للأشعة ذات الموجات الطويلة (طول الموجة = ٣٠٠٠ مليميكرون) وهي تمد جسم النبات بالحرارة Heat radiation

أما الضوء المرئي – وهو الذي يتراوح طوله الموجي بين ٣٨٠ و ٧٨٠ مليميكرون – فهو يمثل ٢١ – ٤٠٪ من أشعة الشمس الساقطة على النباتات وتمتص الأوراق ٩٠ – ٩٥٪ من هذا الضوء ولذلك فإنه

يمثل الطاقة الرئيسة التي تستغلها النباتات لتصنيع المركبات الغنية بالطاقة من خلال عملية البناء الضوئي وإنتاج اليخضور (الكلوروفيل) بالبلاستيدات الخضراء . ومن المعروف أن التحليل الطيفي للضوء المرئي يوضح أنه يتكون من سبعة ألوان ذات موجات مختلفة الطول ، وبالنسبة لعملية البناء الضوئي فإن اللون الأزرق واللون الأحمر هما اللونان اللذان يمتصهما اليخضور (الكلوروفيل) في أوراق النبات الخضراء لإتمام عملية البناء الضوئي وهي التي تستحث البلاستيدات على تكوين اليخضور (الكلوروفيل) وبصفة خاصة في النباتات الزهرية .

وبصف عامة فإن معدل عملية البناء الضوئي يزداد بزيادة شدة الضوء الساقط على الأوراق ومن الدلائل على ذلك :

١ - أن النباتات المعرضة لضوء الشمس تستطيع تكوين كمية أكبر من اليخضور (الكلوروفيل) إذا قورنت بنباتات تنمو في أماكن ظليلة .

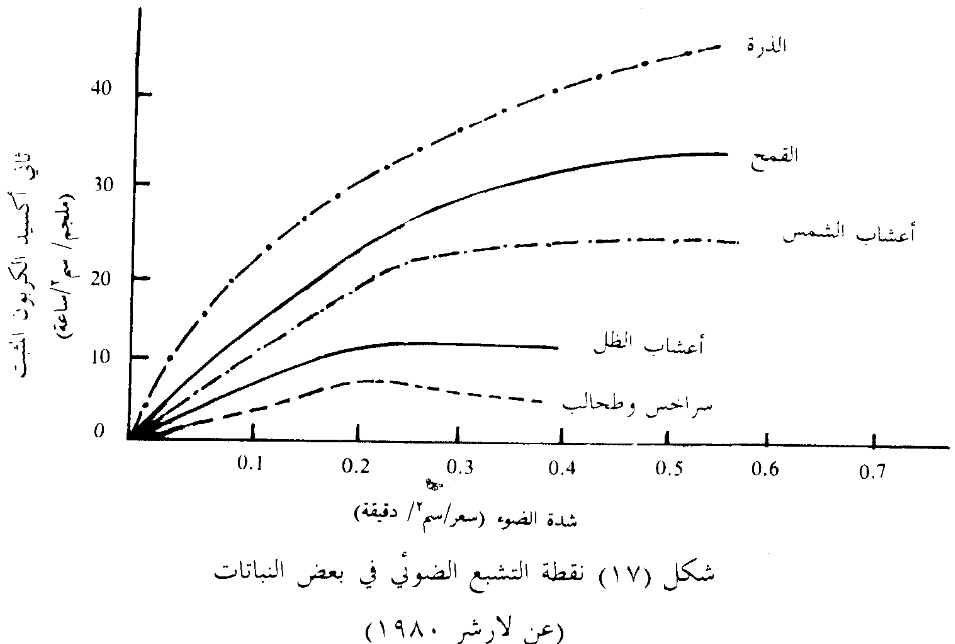
٢ - أن النباتات المعرضة للضوء يزداد بها سمك الطبقة العمادية وهي الخلايا التي تتكون بها البلاستيدات الخضراء .

٣ - وجد أن النباتات المعرضة للشمس يمكنها تثبيت ٢٠,٦ ملجم ثاني أكسيد كربون في كل ساعة بكل ١٠٠سم^{2} من الأوراق ، أما في الأيام ذات السحب الكثيفة فإن كمية ثاني أكسيد الكربون المثبتة تنقص إلى ٥,٢ ملجم/ساعة/١٠٠سم^{2} من الأوراق .

٤ - أن معدل عملية البناء الضوئي يكون منخفضا في الصباح الباكر حيث تكون الإضاءة ضعيفة ، ويزداد باطراد كلما زادت شدة الإضاءة حتى يصل إلى ما يعرف بنقطة التشبع الضوئي Point of saturation حيث لا يقوم النبات بتثبيت مزيد من ثاني أكسيد الكربون وبالتالي لا يكون لشدة الضوء أي تأثير بعد هذه النقطة على معدل البناء الضوئي .

وتختلف نقطة التشبع باختلاف الأنواع النباتية فهي أقل في النباتات التي تنمو في الظل وأعلى في النباتات التي تنمو في الشمس . فالنباتات التي تنمو في الظل لاتستطيع زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون التي باستطاعتها تثبيتها مهما زادت شدة الإضاءة ، في حين أن النباتات التي تنمو في الأماكن المعرضة للشمس تستطيع تثبيت كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون عند تعرضها لإضاءة مساوية في شدتها لما تعرضت له نباتات الظل . ومن أمثلة النباتات ذات نقطة التشبع المنخفضة أعشاب المناطق الظليلة والسراخس والطحالب وتزداد نقطة التشبع في الأعشاب التي تنمو في أماكن مفتوحة . ويوضح الشكل (١٧) نقطة التشبع في بعض النباتات .

تستعمل النباتات ذات النمو النشيط نحو ١٪ من كمية الضوء الساقط عليها في عمليات البناء الضوئي . وفي حالة عدم قيام النباتات بعملية البناء الضوئي نتيجة لغياب الضوء عنها فإن النبات يبدأ



شكل (١٧) نقطة التشبع الضوئي في بعض النباتات

(عن لارشر ١٩٨٠)

في التناقص في الوزن ؛ إذ إن عملية التنفس ، وهي عملية لا تتوقف أبدا تستنزف المواد الغذائية المختزنة في أنسجة النبات ، وبالتالي إذا لم يكن هناك تعويض فلابد أن يتناقص وزن النبات ، ومن ثم فلكي يحافظ النبات على بقائه لابد على الأقل من أن يقوم ببناء قدر من المواد الغذائية تسمح له على الأقل بألا يتناقص وزنه ، ويأتي ذلك بتعريض النبات للضوء ، والدرجة التي تكون عندها كمية الضوء كافية فقط لأن تعيد القدر من ثاني أكسيد الكربون المتصاعد في عملية التنفس إلى النبات خلال عملية البناء الضوئي تسمى بدرجة التعويض ، أو نقطة التعويض Compensation point وتختلف كمية الضوء اللازمة لتحقيق ذلك من ٢٧ إلى ٤٢٠٠ شمعة .

وفي بعض الأحيان عندما يكون الجو ملبدا بالغيوم تكون كمية الضوء التي تصل إلى النباتات أقل من أن تحقق هذا التوازن بين البناء الضوئي والتنفس وبالتالي لابد أن يتناقص وزن النباتات . وإذا استمر عدم التوازن هذا فإنه يتسبب في حدوث خلل عام في نمو النبات يترتب عليه خلل الجهاز البيئي .

ومن هذا يتضح أن النباتات لكي تنمو طبيعيا لابد أن يزيد لديها معدل البناء الضوئي على التنفس ، ولكي يحدث هذا لابد أن تزيد كمية الضوء الواصلة إلى النباتات عما يسمى بنقطة التعويض . وفي حالة نبات الصنوبر – مثلا – فإن كمية الضوء عند درجة التعويض هي ٨٣٠ شمعة

ولكي ينمو النبات بصورة طبيعية لابد وأن تصل كمية الضوء إلى ضعف هذه الكمية تقريبا .

الضوء وإنتاج اليخضور (الكلوروفيل) Etiolation

يعتبر إنتاج اليخضور (الكلوروفيل) أول رد فعل تستجيب له النباتات لعامل الضوء ويستثنى من ذلك البكتريا والفطريات ، وهي التي لم تنشأ فيها القدرة على تكوين هذا اليخضور (الكلوروفيل) أصلا أو فقدت منها هذه القدرة بتأثير عامل التطفل أو الترمم . ومن ناحية أخرى توجد أنواع من السوطيات الوحيدة الخلية تنتج اليخضور (الكلوروفيل) دون أن تتعرض للضوء ، ولكنه يخضور (كلوروفيل) لايستطيع أن يؤدي عمله في وظيفة بناء المواد الكربوهيدراتية إلا إذا تعرض للضوء . وباستثناء هذه السوطيات وحدها لا تُنتج النباتاتُ ذاتُ البلاستيداتِ اليخضورَ (الكلوروفيل) إلا في وجود الضوء ، ويختفي اليخضور (الكلوروفيل) إذا طال وضع النباتات في الظل .

الاصفرار اليخضوري (الكلوروفيلي) Etiolation

يتكون اليخضور (الكلوروفيل) كما سبق أن ذكرنا عندما يوجد الضوء وينقص عندما يقل الضوء وينعدم في غياب الضوء . ولكن مما هو جدير بالذكر في هذا المجال أن النباتات المحبة للظل غالبا ما تضار تحت ضوء الشمس الساطع ، إذ إنها لا تستطيع بناء صبغات اليخضور (الكلوروفيل) بمعدل يعادل تحللها ، وتتمثل هذه الحالة بوضوح في نبات الرصن . حيث نجد أن اللون الأخضر للأوراق يصير شاحبا أثناء الظهيرة حيث تتحلل مادة اليخضور (الكلوروفيل) بمعدل أكبر من معدل تكوينها ، ولذلك فقد يعزى – ولو جزئيا – فشل نباتات الظل في أن تنمو في المناطق المشمسة لعدم التوازن بين إنتاج اليخضور (الكلوروفيل) وتحلله ، وتكون النتيجة إصابة النباتات بالشحوب اليخضوري (الكلوروفيلي) وبالتالي عجزه عن القيام بعملية البناء الضوئي بالمعدل المطلوب ويختل التوازن بين التنفس والتمثيل الضوئي فيتوقف نمو النبات أولا ثم يبدأ في التناقص في الوزن ثانيا وفي النهاية يفنى تماما

وفي حالة نبات القمح وجد أن النباتات عندما تنمو تحت ضوء شديد يصبح لونها شاحبا وقد عزي هذا إلى أن العصارة الخلوية تحت هذه الظروف الشديدة للضوء تصبح حمضية التفاعل ، وينتج عن هذا تغيير في الأس الهيدروجيني (pH) ، الأمر الذي يؤدي إلى تعثر عملية نقل أيونات المغنسيوم وبالتالي يتأثر تكون اليخضور (الكلوروفيل) داخل الأنسجة ويصاب النبات بالشحوب اليخضوري (الكلوروفيلي) .

الضوء وآلية تنظيم الجهاز الثغري Mechanism of stomatal regulation

معظم النباتات يلزمها الضوء لفتح الثغور ، إلا أن هناك أنواعاً نباتية يمكنها فتح ثغورها أثناء

الليل متاثرة بعوامل أخرى غير الضوء . وتأثر فتح الثغور أو إغلاقها بالضوء يعتمد على مدى امتلاء الخلايا الحارسة Guard cells ، الأمر الذي يتوقف على عملية البناء الضوئي وهي العملية التي لابد أن تتم في وجود الضوء .

وتعتمد عملية فتح الثغور وإغلاقها على الامتلاء في الخليتين الحارستين في الثغر ، وعرفت حركة الثغور بصفة عامة بأنها الاستجابة المباشرة للزيادة أو النقص في الجهد الأسموزي للخلايا الحارسة .

والتغير في الجهود المائية Water potential الناتج من التغيرات الأسموزية يسبب تحرك الماء إلى الخلايا الحارسة أو منها . وهناك أنواع مختلفة من الخلايا الحارسة ، ولكن أكثرها شيوعا في النباتات المختلفة هو النوع الذي يكون فيه جزء الجدار الخلوي من ناحية فتحة الثغر أكثر سمكا من باقي الجدار . فعندما تمتلئ الخلية الحارسة بالماء فإن الجدار الرقيق يتمطط ويُحدث ضغطا على الجزء الأسمك ، الأمر الذي يجعل الأخير ينحني نحو الداخل منتجا تقويسًا وبهذا ينفتح الثغر . ويحدث العكس حينما ينقل الماء في الخلية ، إذ ترتخي الجدر فتعود الجدر المحيطة بالفتحة الثغرية إلى مكانها الطبيعي .

وكما ذكرنا فإن امتلاء الخلايا الحارسة بالماء يتحكم في عملية فتح الثغور وإغلاقها والذي بدوره يؤثر على الضغط الأسموزي لعصارتها . ومن أهم العوامل التي تؤثر في ضغط الامتلاء صورة المادة الكربوهيدراتية بالخلايا الحارسة .

ويحدث أثناء فترة الظلام تكثف السكر إلى نشا وبالتالي تقل قوة امتصاص الخلايا الحارسة للماء . الأمر الذي يؤدي إلى تحرك الماء منها إلى الخلايا المساعدة وبالتالي ترتخي الخلايا الحارسة وبذلك تضيق فتحة الثغر أي يتم قفل الثغور . أما عند وجود الضوء فيتحول النشا الذي تجمع أثناء الليل إلى سكر مرة أخرى . الأمر الذي يزيد من قوة امتصاص الخلايا الحارسة فيتجه الماء من الخلايا المساعدة إلى الخلايا الحارسة وبذلك يزداد امتلاؤها الذي يعمل على ابتعاد الجدر المحيطة بالثغر فيفتح .

تكوين الأكسينات وعلاقته بالضوء

النباتات التي تنمو بعيدة عن الضوء تكوّن كميات كبيرة من الأكسينات وبالتالي نجدها تستطيل بسرعة . غير أن الأنسجة المتكونة عندئذ تكون ضعيفة كما هو الحال في النباتات التي تنمو تحت ظلال الأشجار . أما تلك النباتات التي تنمو تحت ضوء شديد فتكون أقل حجما وأصلب عودا .

تكون الأنثوسيانين وعلاقته بالضوء

في الكثير من النباتات لوحظ وجود علاقة موجبة بين شدة الضوء وتكوين مادة الأنثوسيانين وتعمل هذه الصبغة التي تكون مركزة في طبقات القشرة الخارجية على أن تعكس الضوء فلا تسمح له

بالدخول إلى الأنسجة الداخلية ، ومثل هذه الأصباغ تعكس على الأخص الأشعة الحمراء ذات التأثير الحراري المرتفع ومن ثم فانعكاسه له تأثير كبير في الإقلال من درجة حرارة الأنسجة الداخلية ، وقد وجد أن درجة حرارة الأنسجة التي توجد في أنسجة البقع الحمراء تقل بمقدار ٢٢ درجة إذا ما قورنت بدرجة حرارة الأنسجة المجاورة التي توجد في أنسجة البقع الخضراء .

التواقت الضوئي Photoperiodism

التواقت الضوئي هو توقيت الكائنات الحية لأنشطتها الحيوية لتتواءم مع التغيرات في كمية الضوء . فكثير من النباتات تتميز بتكرار حدوث أنشطتها يوميا Daily rhythm للتواقت مع تبادل الليل والنهار ، كما أن كثيرا من الأنشطة تتكرر مع المواسم المختلفة من العام Seasonal rhythem ومن المعروف أن طول الليل والنهار يختلف باختلاف خطوط العرض ، فالمناطق الاستوائية تتعرض لضوء شديد طول العام ولمدة ١٢ ساعة يوميا تقريبا ، في حين تتعرض المناطق المعتدلة والباردة إلى نهار طويل لمدة نصف العام (الصيف) وليل طويل خلال نصف العام الآخر (الشتاء) . ويستفاد من التواقت الضوئي في أنه يعمل كساعة ميقات لتحديد النشاط عند الموسم المناسب . فعملية تكوين الأزهار والثمار لاتتم إلا في أوقات معينة من العام حيث تتوافر الإضاءة المناسبة ، ولذلك فالنباتات تنقسم إلى نباتات النهار الطويل Long day plants ونباتات النهار القصير Short day plants ، وهناك مجموعة تسمى النباتات المتعادلة لايرتبط إزهارها وإثمارها بطول النهار .

تحمل الظل Shade tolerance

تحمل الظل هو قدرة النبات على البقاء على قيد الحياة والنمو في الظل . ويعني الظل انخفاض شدة الإضاءة ، فقد تحجب قمة شجرة ما يزيد على ٩٠٪ من ضوء الشمس عن الأعشاب . وتختلف مقدرة النباتات على تحمل الظل فمنها ما لايتحمل الظل إطلاقا ومنها الشديد التحمل للظل ، وتسمى النباتات التي لاتتحمل الظل بالنباتات المحبة لضوء الشمس Heliophytes في حين تسمى النباتات التي لاتتحمل الشمس المحبة للظل Sciophytes وبالطبع فإن مقدرة نباتات الظل على تثبيت ثاني أكسيد الكربون أقل كثيرا من مقدرة النباتات التي لاتتحمل الظل . وعند تعرض نبات عادي للظل يحدث به بعض التحورات لعل أهمها زيادة مساحة الأوراق وذلك لتعريض أكبر مساحة منها للضوء وزيادة طول السلاميات وطول نصل الورقة وزيادة المحتوى المائي للأوراق ، واتجاه السوق والأوراق نحو الشمس أو مصدر الضوء ، وتعرف هذه الظاهرة بالانتحاء الضوئي Phototropism وهي ظاهرة يمكن ملاحظتها كثيرا ، وترجع إلى تأثير الضوء على الهرمونات النباتية . وتجدر الإشارة إلى أن النباتات المحبة للظل لاتستطيع النمو في الأماكن المكشوفة ، حيث إن تعرضها للضوء الشديد يؤدي إلى تكسير اليخضور (الكلوروفيل) فتموت النباتات لفشلها في القيام بعملياتها الحيوية .

أثر الضوء على الصفات المورفولوجية والتشريحية للنبات

تؤدي زيادة شدة الضوء إلى :

أ – تكوين غطاء سميك على البشرة سواء من مادة الكيوتين أو الشمع أو الشعيرات الكثيفة وقد توجد أيضا بشرة متضاعفة كما هو الحال في الكثير من النباتات الصحراوية .

ب – كثرة الأفرع وصغر حجم الأوراق والخلايا المكونة لها . ولما كانت شدة الضوء تسبب نمو أوراق الشاي والدخان بأحجام صغيرة وخشنة الملمس فإن نمو هذه النباتات تحت ظروف ظليلة يكون له أهمية اقتصادية مرجوة .

جـ – نمو النسيج العمادي بدرجة كبيرة وربما على جانبي الورقة ويكون ذلك مصحوبا بنقص في النسيج الأسفنجي .

د – نقص نسبة المساحة الكلية للأوراق إلى الأنسجة الدعامية والتوصيلية .

هـ – زيادة عدد العقد البكتيرية وحجمها عن نظيره من النباتات المحبة للظل .

ثالثا : الرطوبة
Humidity

ونعني بها رطوبة الجو أو الهواء ، ويمكن التعبير عنها كرطوبة مطلقة Absolute humidity أي كتلة الماء في حجم معين من الهواء ، ويعبر عنها بكمية بخار الماء بالجرام الموجود في متر مكعب من الهواء . ولكن في معظم الحالات يعبر عن رطوبة الجو بما يعرف بالرطوبة النسبية Relative humidity وهي النسبة بين كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة وكمية بخار الماء اللازمة لِتُشبِّعَ نفسَ الحجم تحت نفس الظروف . والرطوبة النسبية في الهواء تتأثر بعدة عوامل كدرجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر والرياح ، فكلما ارتفعت درجة الحرارة ازدادت كمية بخار الماء التي يمكن أن يحتفظ بها الهواء . وعلى سبيل المثال فإن قدمًا مكعبًا (٠,٠٢٨م٣) من الهواء يمكنه الاحتفاظ بأربعة جرامات من بخار الماء عند درجة حرارة ٤°م أما عند ٣٨°م فإن كمية بخار الماء التي يمكن أن يحتفظ بها القدم المكعب هي ٢٠ جرامًا (٢٨ لتر) وتسمى مقدرة الهواء على حمل بخار الماء بالقوة التبخيرية للهواء Evaporative power of air ، ففي الصحاري ، حيث درجة الحرارة المرتفعة ، تنخفض الرطوبة النسبية في حين أنه في المناطق الباردة والمسطحات المائية يؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى نقص مقدرة الهواء على حمل بخار الماء فتزداد الرطوبة النسبية حيث يكون الهواء قريبا من درجة التشبع .

وتعتبر الرطوبة الجوية من أهم العوامل البيئية غير الأحيائية للنباتات بسبب تأثيرها المباشر على الفقد

المائي ، وعلى النبات أن يحافظ على ميزان مائي مناسب أي على كمية من الماء تكفي حاجته وما يفقده . ومن المعروف أن النباتات تمتص الماء عن طريق الجذور ، ويستخدم النبات أقل من ١٪ من الماء الذي تمتصه الجذور في عملية البناء الضوئي أما ٩٩٪ من الماء فيفقده النبات عن طريق النتح Transpiration حيث يُفقد الماء على هيئة بخار من خلال فتحات الثغور Stomata الموجودة على سطح الورقة . وتتفتح هذه الثغور في معظم النباتات أثناء النهار وتنغلق أثناء الليل ، وتؤدي الثغور دورا هاما في تنظيم الميزان المائي Water relationships فهي تنغلق أيضا عندما يقل المحتوى المائي بالنبات ، ومن المعروف أن وظيفة الثغور هي السماح لثاني أكسيد الكربون والأكسجين بدخول الورقة لإتمام عمليتي البناء الضوئي والتنفس ، ويأتي الفقد المائي كنتيجة حتمية لذلك .

وفي عملية النتح تؤدي رطوبة الهواء الدور الرئيس في معدل خروج الماء عن طريق الثغور وتعتبر أنسجة النبات وسطا مشبعا بالماء ، ولذلك فإن الماء يخرج من التركيز الأعلى بالأنسجة إلى التركيز الأقل في الهواء وكلما زادت رطوبة الجو يقل معدل خروج الماء من الأوراق . وتقلل الرياح الجافة من كمية بخار الماء في الهواء الملامس لأوراق النبات ، الأمر الذي يزيد من معدل النتح . والأشجار تتعرض في ذلك لتأثيرات أكبر من النباتات العشبية ، وتسبب الرياح الجافة الساخنة أضرارا بالكساء الخضري بسبب سرعة الفقد المائي وإصابة البراعم الزهرية ، في حين تكون الرياح الرطبة مواتية لنمو النباتات . ويعمل الكساء الخضري على زيادة الرطوبة النسبية عن طريق الحد من تأثير الرياح والحرارة بالإضافة إلى إمداد الهواء ببخار الماء عن طريق النتح .

وتتوقف الرطوبة العامة للموطن على موقع هذا الموطن بالنسبة للماء وارتفاعه عن سطح البحر ، فالمناطق الساحلية من المناطق الرطبة في حين تكون المناطق الداخلية أكثر جفافا ، والغابات تكون رطوبتها عالية في حين تكون الصحاري جافة ، والأراضي المنخفضة تكون رطوبتها أعلى من المناطق المرتفعة ، وتختلف الرطوبة النسبية داخل الموقع باختلاف درجة الحماية من الشمس والرياح .

النقص في درجة التشبع Saturation deficit

هذا هو اصطلاح آخر يعبر عن الرطوبة في الجو ويعتمد على أن درجة الرطوبة النسبية يمكن أن يعبر عنها بما يقابلها من ضغط في بخار الماء .

والنقص في درجة التشبع يساوي الفرق بين ضغط بخار الماء السائد وبين ضغط بخار الماء عند درجة التشبع تحت نفس الظروف الجوية ، فمثلا عند درجة ١٥م يكون ضغط بخار الماء عند التشبع (أي عندما تكون الرطوبة النسبية ١٠٠٪) مساويًا ١٢,٧٣م زئبق ، فإذا ما كانت الرطوبة النسبية عند هذه الدرجة = ٧٥٪ فإنها تعادل بخار ماء ذا ضغط = ٧٥٪ × ١٢,٧٣ = ٩,٥٠م زئبق ، وبالتالي

فإنه عند هذه الدرجة من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة يكون هناك نقص في درجة التشبع يساوي ١٢,٧٣ – ٩,٥٥ = ٣,١٨م زئبق .

والجدير بالذكر أن نقص التشبع يزداد بارتفاع درجة الحرارة ، فعند درجة رطوبة ٧٥٪ مثلا يزداد نقص التشبع بارتفاع درجة الحرارة فمثلا عند درجة ٢٥م يكون ضغط الماء عند التشبع مساوياً ٤٢,٠م زئبق ومن ثم فإن ضغط بخار الماء عند هذه الدرجة عندما تكون الرطوبة النسبية ٧٥٪ = ٧٥٪ × ٤٢,٠ = ٣١,٥م زئبق ويكون النقص في درجة التشبع هو ٤٢ – ٣١,٥ = ١٠,٥م زئبق . ومن الناحية البيئية فإن قياس نقص التشبع يحمل مغزى أكبر مما تحمله الرطوبة ؛ إذ أن هناك علاقة مباشرة وموجبة بين نقص التشبع وقوة التبخير الجوية التي تعمل على سحب ماء النبات .

وإذا قورن نقص التشبع في مختلف المناطق على سطح الكرة الأرضية ، فإننا نجد أن المناطق القطبية والجبلية تتميز بأقل درجات النقص في درجة التشبع في حين تتميز الصحاري بأقصى هذه الدرجات . وقد دلت الدراسات البيئية على أن طبيعة توزيع المجتمعات النباتية الطبيعية تتوقف إلى حد كبير على مقدار نقص تشبع الهواء ببخار الماء وذلك عند ثبات العوامل المناخية الأخرى .

وبالإضافة إلى عامل الحرارة فإن الرطوبة الجوية تتأثر بعدة عوامل بيئية أخرى مثل سرعة الرياح وطبيعة الكساء الخضري والمحتوى المائي للتربة . فالرياح الجافة تنقص الرطوبة لكونها تطرد الهواء الرطب المحيط بالنباتات وتحيطه بالهواء الجاف ، وفي ذلك تنشيط للنتح . ولما كانت شدة الرياح تزداد بالارتفاع عن مستوى سطح البحر ، فإن الأشجار العالية تعاني كثيرا من الجفاف في حين لاتتعرض النباتات المنخفضة والزاحفة لمثل هذا الجفاف ، ويزداد النتح كثيرا وبالتالي يقل معدل النمو على جوانب الجبال المواجهة للرياح الشديدة ومن ثم فلا نجد غابات نامية على تلك الجوانب ويقتصر وجودها على السفوح البعيدة عن فعل الرياح الجافة ، أما الرياح الرطبة فإن لها تأثيرًا معاكسًا ، وإذا هبت على منطقة بصفة مستمرة فإنها تخلق جوا يسمح بنمو النباتات الوسطية Mesophytes في بيئة لولا وجود هذه الرياح ما نما فيها سوى النباتات الجفافية Xerophytes .

وتؤثر درجة التعرض لأشعة الشمس على الرطوبة الجوية للبيئة ؛ فالسفوح التي تتعرض لأشعة الشمس أطول وقت ممكن – وهي عادة سفوح جنوبية في نصف الكرة الأرضية الشمالي – تأخذ نصيبا وافرا من الحرارة ، ولذلك تكون رطوبتها الجوية أقل من رطوبة السفوح الشمالية ، وغالبا ما تتعرض هذه السفوح الجنوبية لرياح جافة ، وبهذا يعمل التعرض لأشعة الشمس والرياح الجافة على انخفاض الرطوبة في بيئة السفوح الجنوبية ، الأمر الذي يجعلها أقل ملاءمة لنمو النباتات الوسطية والتي قد توجد بوفرة على السفوح الشمالية .

رابعًا : الرياح
Wind

تؤثر الرياح على النباتات بدرجات متفاوتة ، فهي شديدة التأثير – على وجه الخصوص – في الأماكن المكشوفة وعلى شواطئ البحار ومرتفعات الجبال ، أي في الأماكن المعرضة للرياح ، وتؤثر الرياح بصورة مباشرة على النباتات أو بصورة غير مباشرة من خلال تأثيرها على درجة الحرارة والرطوبة والضوء . وتتأثر سرعة الرياح بعدة عوامل أهمها :

أ – العامل الطوبوغرافي (الموقعي) كالارتفاع والانخفاض عن سطح البحر ، فالرياح شديدة في الأماكن المرتفعة ساكنة في الأماكن المنخفضة .

ب – القرب أو البعد عن ساحل البحر فالرياح شديدة على السواحل إذا قورنت بالمناطق الداخلية وأهم التأثيرات المباشرة أو غير المباشرة للرياح على الكساء الخضري يمكن إجمالها فيما يلي :

١ – زيادة معدل النتح حيث تساعد على تبخر الماء من الأوراق مما يؤدي إلى نقص الماء في أنسجة النبات .

٢ – تؤثر الرياح على الرطوبة النسبية عن طريق تحريكها كتل من الهواء الرطب أو الجاف من مكان لآخر .

٣ – يؤدي تحريك الرياح للسحب والضباب إلى تغير الرطوبة وشدة الضوء والحرارة بخلط الهواء الجاف بالهواء الرطب وخلط الهواء الساخن بالهواء البارد .

وللرياح أضرار تلحقها بالنباتات نذكر منها :

١ – التجفيف Dessication

فعن طريق إزاحة طبقات الهواء البارد المحيطة بالأوراق يزداد معدل فقد النبات للماء عن طريق النتح . كما أن الرياح تسبب انثناء خلايا الأوراق وتقلصها وينتج عن ذلك خروج الماء من المسافات البينية للخلايا إلى خارج الأوراق عبر الثغور ودخول هواء جاف ليحل محله . وعند استمرار الرياح لفترات طويلة فإن معدل النتح يزيد على معدل الامتصاص، لأمر الذي يؤدي إلى جفاف الأوراق .

٢ – التقزُّم Dwarfing

النباتات التي تنمو تحت تأثير الرياح لاترتوي خلاياها وبذلك لاتتمكن من النمو حتى الوصول إلى الحجم الطبيعي لها في طور البلوغ ، ويترتب على ذلك ضعف في تكوين الأعضاء واختزال حجمها . والتقزم يحدث أثناء هبوب الرياح خلال فترة النمو والبلوغ ، وهو نتيجة مباشرة لاختلاف التوازن المائي الداخلي للخلايا .

٣ – التشوه Deformation

عندما تتعرض الأعضاء النامية لرياح شديدة تهب من اتجاه ثابت فإن شكل الأعضاء ووضعها قد يتغير تغيرا مستديما ويسمى ذلك بالتشوه .

٤ – التكسر Breakage

تسبب الرياح الشديدة تكسير أفرع النباتات ويعتمد ذلك على التركيب التشريحي للنباتات ، فالنباتات الخشبية ذات التغلظ الثانوي الكثير وخصوصا بالأنسجة الاسكلرنشيمية الملجننة لاتتكسر بسهولة ؛ لأن هذه الأنسجة تحميها ، أما النباتات ذات التغلظ الثانوي القليل فإنها أكثر استعدادًا للكسر . كذلك تكون الأشجار المصابة بأمراض فطرية أو حشرية والأشجار الكبيرة السن والمكشوفة أكثر عرضة للكسر دون غيرها .

٥ – البَرْي Abrasion

والبرى هو تأكُّل أنسجة النبات وأوراقه من الناحية المواجهة للريح الحاملة للرمال ، ويكون هذا التأكُّل أشدَّ مايمكن على ارتفاع قليل من سطح الأرض ، وأحيانا تُحدِث الرياح المحملةُ بالرمال ثقوبًا بالأوراق وقد تستقر حبيبات الرمال في ثقوب الثغور فتبقيها مفتوحة باستمرار ، الأمر الذي يساعد على فقد الماء بمعدل أكبر من المعتاد .

٦ – الرذاذ الملحي Salt spray

تحمل الرياح القادمة من البحار والمحيطات رذاذ الأمواج التي تصطدم بالشاطئ وتلقيه على النباتات القريبة منه وتقل كمية الأملاح كلما زادت المسافة من البحر . والنباتات الحساسة للملوحة لاتستطيع النمو على مقربة من شاطئ البحر ويؤدي الرذاذ الملحي إلى حرق الأوراق التي يسقط عليها .

٧ – نقل الأمراض وانتشارها

تصاب النباتات بالأمراض الفطرية والحشرية والرياح تنقل هذه الأمراض وبصفة خاصة أمراض الصدأ والتفحم .

٨ – التعرية Erosion

للرياح أيضًا أضرار تلحقها بالتربة حيث تسبب تعريتها Erosion وذلك بنقل الطبقات السطحية منها إلى أماكن أخرى .

ولكن للرياح فوائد للنباتات منها .

أ – مساعدة النباتات على التلقيح وانتشار البذور والثمار .

ب – مساعدة النباتات على الهجرة فيتسع مجال انتشارها .

جـ – تحريك السحب والمساعدة على سقوط الأمطار .

د – نقل الرطوبة من البحار والمحيطات لتلطف الجو .

وللتخفيف من آثار الرياح والوقاية منها في المناطق الرملية والمناطق الساحلية يتم اتخاذ إجراءات منها :

أ – زراعة مصدات الرياح وهي عبارة عن أشجار قوية تتحمل الرياح وتزرع في صفوف حول المنطقة المراد حمايتها من الرياح .

ب – زراعة المحاصيل في خطوط منخفضة أو أخاديد لتقليل أثر الرياح عليها .

جـ – زراعة محاصيل مختلفة بالتبادل ، بحيث تظل الأرض مغطاة بالنباتات لحمايتها من أثر الرياح .

د – في المناطق الرملية الجافة تتم زراعة أشجار ذات جذور كثيرة التفرع لتعمل على تثبيت التربة وعدم نقلها إلى أماكن أخرى .

خامسا : الماء
Water

الماء ضروري للحياة ولا حياة بدون الماء ولسنا الآن بصدد شرح الدور الفسيولوجي للماء بالنسبة للنباتات ولكننا نتعرض للماء من وجهة النظر البيئية ؛ من حيث مصادره وأثره على الكساء الخضري . وحيث إن الماء هو الوسط الذي تتم به جميع التفاعلات داخل الكائنات الحية ولا تقوم حياة بدونه ، فإن النباتات تنقسم على أساس العلاقات المائية Water relationships إلى نباتات معتدلة Mesophytes ونباتات جفافية Xerophytes ونباتات مائية Hydrophytes . فالنباتات الجفافية تنمو في وسط بيئي جاف في حين تنمو النباتات المائية في وسط بيئي رطب به قدر وفير من الماء .

وقد تأقلمت النباتات الجفافية بحيث أصبحت قادرة على الحفاظ على توازن مائي مناسب لها ، ولكل مجموعة من هذه النباتات طريقتها الخاصة للتكيف مع الوسط الذي تعيش فيه ، فبعض النباتات الصحراوية شجيرات معمرة Perennials تتميز بأوراقها الصغيرة لتقليل الفقد المائي . ومجموعة أخرى من النباتات الصحراوية تسمى النباتات العصارية Succulents وهي تتميز بأنسجة

لحمية يختزن الماء بها لكي تستخدمه في أوقات الجفاف الشديد . أما الحوليات الصحراوية Desert ephemerals فهي نباتات حولية Annuals تشبه مثيلاتها التي تعيش في المناطق المعتدلة ولكنها ذات دورة حياة قصيرة ؛ فهي تنبت مع سقوط المطر ثم سرعان ما تنمو وتزهر وتعطي ثمارها ثم تموت . وترقد البذور الجديدة في التربة إلى أن تسقط كمية كافية من المطر فتبدأ الإنبات وتمر بدورة حياتها القصيرة مرة أخرى . وإذا زرعت النباتات الصحراوية مع نباتات وسطية في بيئة جافة فإن النبات الوسطي سوف يذبل ويموت لأنه لايستطيع نقل الماء بنفس معدل فقده له فتتوقف عملية البناء الضوئي به ، في حين يستمر النبات الصحراوي في النمو دون أن يذبل ؛ لأن به آليات للحفاظ على الميزان المائي . والماء لايسبب مشكلة للنباتات المائية ولكن كمية ثاني أكسيد الكربون والأكسجين تكون هي العامل الحرج حيث إن تركيز هذين الغازين يكون أقل في الماء عنه في الهواء .

الأهمية البيولوجية للماء

للماء أهمية كبرى في فسيولوجيا النبات ، فهو أولا يذيب المركبات الكيميائية الموجودة في التربة مكونة بذلك مايسمى بمحلول التربه الذي يدخل إلى أنسجة النباتات ناقلا إليها العناصر الغذائية اللازمة لبقائها ونموها . والماء داخل النبات يعمل أيضا على تسهيل عمليتي الإذابة والتأين للأملاح الموجودة مسهلا بذلك حدوث التفاعلات الكيماوية المعقدة التي تجري داخل أنسجة النبات وخلاياه . والماء كذلك من المواد الأساسية لحدوث عملية البناء الضوئي Photosynthesis كما أنه يعمل أيضا على بقاء خلايا النبات في حالة امتلاء ، وهي الحالة التي بدونها لاتستطيع الخلايا القيام بوظائفها الحيوية ، بل والأكثر من هذا فالماء ضروري جدا لبقاء البروتوبلازم حيا ؛ إذ إن القليل جدا من الأنسجة يستطيع البقاء حيا إذا ما خفضت نسبة الماء فيه عن ١٠٪ ، ووجود الماء في أنسجة النبات يعمل كملطف ومنظم لدرجة الحرارة داخل الأنسجة ؛ إذ للماء المقدرة على امتصاص القدر الكبير من الحرارة دون ارتفاع كبير في درجة حرارته ، ومن ثم فإن درجة الحرارة داخل الأنسجة المشبعة بالماء تبقى دون أن تتغير كثيرا إذا ما ارتفعت درجة حرارة الوسط الذي تعيش فيه ومن ثم تبقى العمليات البيولوجية داخل الأنسجة مستمرة دون أن تتأثر كثيرا لارتفاع درجة حرارة الجو .

والماء داخل التربة متصل مع الماء داخل الأنسجة النباتية والجهاز بأكمله في حركة مستمرة إلى أعلى نتيجة لفقد الماء من النبات في عمليات النتح . ومما يجدر ذكره أن الماء الذي يدخل النبات يفقد معظمه خلال عملية النتح . أما ما يدخل فعلا في العمليات الكيميائية داخل الأنسجة فلا يزيد غالبا عن ١٪ من كمية الماء الممتص .

ومن الناحية البيئية فإننا نهتم فقط بدخول الماء وخروجه من النباتات ؛ إذ إن هذه العمليات ترتبط بالظروف البيئية التي يعيش فيها النبات .

والنباتات تحصل على حاجتها من الماء عن طريق المطر والندى ومختلف أنواع التكثف الأخرى ، وذلك في جميع البيئات عدا تلك التي تعتمد على الري من مورد مائي مستديم كالأنهار والآبار والعيون والبحيرات . ويعتبر توزيع المطر على مدار العام أهم العوامل التي تحدد الصفات العامة والمظاهر الموسمية للكساء الخضري ، ولعل الماء ودرجة الحرارة هما أهم عاملين مؤثرين في تكوين غطاء خضري في أية منطقة من العالم .

أ - المطر **Rainfall**

تختلف كمية المطر اختلافا شديدا في المناطق المختلفة من العالم ، فالمطر نادر السقوط في الصحاري القاحلة غزير في المناطق الاستوائية والمناطق الباردة . ويعتبر توزيع المطر ومواعيد سقوطه على مدار العام سمة هامة من سمات المناخ في المناطق المختلفة من العالم . والمطر يحدد كثيرًا من المظاهر والخصائص الخاصة بالكساء الخضري والوسط البيئي في المناطق المختلفة من العالم ومن أمثلة ذلك ما يلي :

١ - في حوض البحر الأبيض المتوسط يتسبب المطر في ظهور الكساء الخضري بمظهرين مختلفين أثناء العام ؛ ففي الشتاء وخلال الربيع - وهذه فترة سقوط الأمطار في تلك المنطقة - تزداد التغطية النباتية كثيرا بسبب وفرة الماء واعتدال درجة الحرارة وتكثير النباتات الحولية والموسمية Annuals and ephemerals. أما في الصيف - وهو فصل الجفاف حيث تقل الأمطار أو تنعدم - فتنقص التغطية النباتية ويصبح الكساء الخضري غير متصل أي تظهر النباتاتُ متباعدةً تفصلها مسافات واسعة .

٢ - في إفريقية وآسيا تقل الأمطار كلما بعدنا عن الساحل واقتربنا من الهضبة الصحراوية العظمى ، ولذلك فإن الجفاف يزداد شدة خلال فصل الصيف كما تقل الأمطار الساقطة في الصحراء عن طريق التبخر .

٣ - في المناطق الجبلية والتي تعترض فيها الجبال طريق الرياح المحملة بالأمطار يكون الجانب المواجه للرياح عرضة لأمطار أغزر مما يتعرض له الجانب البعيد عن الرياح ، ولذلك فإن الكساء الخضري يختلف على سطوح الجبال ، فنجد سطوح الجبال المعرضة للرياح المطيرة تكسوها النباتات في حين أن السطوح غير المعرضة للرياح ذات كساء خضري بسيط .

٤ - يزداد المحتوى المائي للتربة بزيادة سقوط الأمطار كما تزداد شدة التبخر خلال الفترة التي تعقب موسم سقوط الأمطار . ويؤدي التوزيع الموسمي للمطر دورًا كبيرًا في المحتوى المائي للتربة ويعتمد ذلك على مقدار المطر الكلي ونوع التربة ونوع الكساء الخضري ودرجة انحدار التربة ، وهذه العوامل تحدد أيضا كمية المطر الذي يفقد بالانسياب السطحي .

٥ – يعتبر المطر من العوامل المحددة Limiting factors للكساء الخضري ، فزيادة كمية المطر في أحد المواسم تتسبب في ازدهار الكساء الخضري في السنة التي تسقط فيها الأمطار ، في حين يكون الكساء الخضري فقيرًا خلال السنوات التي يسقط فيها مطر قليل .

فاعلية المطر : تستمد الأراضي – في معظم الأحيان – رطوبتها من المطر ، ولكن الأنواع المختلفة من الأمطار ليست ذات تأثيرات متساوية في رفع المستوى الرطوبي للتربة ، فإذا كان المطر مستمرًّا وقليلا فإن التربة يكون أمامها الفرصة لأن تمتص أكبر قدر ممكن منه ، وتكون نسبة ما يفقد عن طريق السيول أقل ما يمكن . وبالطبع كلما زادت كمية المطر كانت أمامه الفرصة لأن يتغلغل في باطن التربة ويحتفظ به بعيدا عن سطح التربة المعرض للجفاف السريع ، وهذا يعني في مجمله أن المطر المستمر ببطء على منطقة ما تكون له فاعلية كبرى في مد النباتات بقدر كبير وفعال من الرطوبة الأرضية .

وفاعلية كمية ما من المطر تتوقف على :

١ – كيفية توزيعها على مدار السنة : فإذا فرضنا أن منطقة ما يسقط عليها سنويا كمية من المطر تساوي ١٥٠ مم ، فإننا نجد كمية الغطاء النباتي وصور حياته والأنواع الداخلة في تركيبه تختلف باختلاف توزيع المطر على مدار السنة .

٢ – نوع التربة والغطاء النباتي والعوامل الجوية المحيطة : فالتربة الرملية يتسرب خلالها المطر ليصل إلى أعماق قد تكون في الغالب بعيدة عن جذور النباتات فلا تستفيد منها ، أما التربة الصلدة فلا تنفذ خلال مسامها المياه بل تنساب عليها لتنزل إلى نهر أو بحر أو منخفض ، وبالتالي لاتكون هناك فرصة لماء المطر ليصل إلى مناطق الجذور . ومن ثم فإن التربة المتوسطة القوام تكون أكثر استفادة من كمية ماء المطر أكثر من أي نوع آخر .

٣ – درجة انحدار سطح الأرض : فكمية المطر التي تسقط على سفوح الجبال تنحدر من فوقها للتجمع في باطن الوديان . الأمر الذي يجعل أراضي هذه المنخفضات تستقبل أضعاف ماتسجله محطات الأرصاد من بيانات عن معدل سقوط الأمطار وبالتالي تكون فاعلية الأمطار كبيرة في الوديان وضعيفة في المنحدرات .

٤ – الكساء الخضري يؤثر أيضا على فاعلية المطر فالأشن والحزازيات قد تمتص كميات المطر التي تنزل على منطقة ما ولا تسمح لها بالتسرب داخل باطن التربة فلا تستفيد منها النباتات ذات الجذور العميقة . وعلى العكس من ذلك تعمل الأشجار ذات الأغصان والأوراق الكثيرة على احتجاز كميات كبيرة من ماء المطر فلا تصل إلى الأرض لتستفيد منها النباتات العشبية والحوليات ، كما أن بعض النباتات مثل الذرة له أوراق طويلة ميزابية الشكل تعمل كقنوات لجمع الماء من مساحة

كبيرة لتلقي به في منطقة محدودة حول ساق الذرة . والصفات التشريحية والفسيولوجية للنباتات أيضا تؤثر على فاعلية المطر ؛ فإذا كانت النباتات لها القدرة على الإقلال من النتح كان ذلك كفيلا بالمحافظة على ماء التربة وبالتالي زيادة فاعليته .

٥ – العوامل المناخية مثل سرعة الرياح ودرجة الحرارة وكمية بخار الماء في الجو ومقدار النقص في درجة التشبع كلها عوامل لها تأثير عظيم على فاعلية المطر .

قام الباحثون بمحاولة تحديد فاعلية المطر ، وأيسر طريقة هي الطريقة المباشرة ، وهي قياس مدى تعمق ماء المطر في التربة ومدى بقائه في حالة تسمح بأن تستفيد منه البذور في إنباتها والنباتات في نموها . ويجب معرفة أن فاعلية المطر تختلف من نبات إلى آخر تبعا للنوع والجنس طالما كانت الظروف المناخية الأخرى واحدة ، وإن كانت هذه الطريقة المباشرة تعتبر الطريقة المثلى إلا أن الباحثين حاولوا إيجاد علاقات حسابية تحدد فاعلية المطر ، وذلك بربط كمية ما يسقط في مكان ما بالعوامل الجوية الأخرى السائدة .

ويمكن التعبير عن فاعلية المطر بالمعادلة الآتية :

$$\text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر بالمليمتر}}{\text{كمية البخر بالمليمتر}}$$

كما أن هناك علاقة قديمة تعبر عن فاعلية المطر هي :

$$\text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر بالمليمتر}}{\text{درجة الحرارة سليس}}$$

وقد قام دي مارتون De Martonne عام ١٩٣٦م بإدخال بعض التعديلات على هذه المعادلة حتى يتجنب الحصول على نتائج سالبة ، وقد وضع المعادلة الآتية :

$$\text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر بالمليمتر}}{\text{درجة الحرارة} + ١٠^{\circ}\text{م}}$$

ولكن مثل هذه المعادلة تستخدم فيها المتوسطات السنوية وهي عديمة القيمة من الناحية البيئية ، ومن ثم فقد وضعت المعادلة الآتية لتقدير فاعلية المطر الشهرية :

$$\text{فاعلية المطر الشهرية} = \frac{\text{كمية المطر} \times ١٢}{\text{درجة الحرارة} + ١٠^{\circ}\text{م}}$$

وعبر ماير Mayer عن فاعلية المطر بوضع علاقة تربط كمية المطر بالعجز في درجة التشبع كما يلي :

$$\text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر بالمليمتر}}{\text{العجز في درجة التشبع}}$$

وتعود كفاية هذه العلاقة في أن قوة التبخير الجوية تتناسب طرديا مع العجز في ضغط بخار الماء في الجو (أي مع العجز في درجة التشبع) أكثر مما تتناسب مع أي من الرطوبة النسبية أو درجة حرارة الجو. وفي عام ١٩٥٥م قام العالم الفرنسي Emberger بمحاولة ربط كمية المطر بمتوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة ووضع العلاقة في معادلة سماها معامل الجفافية.

$$Q = \frac{2000\ P}{M^2 - m^2}\ (M - m)$$

حيث P الضغط الجوي و m هي متوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة. و m هي متوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة. وكلما صغرت قيمة Q كانت الجفافية شديدة وإذا طبقنا هذه المعادلة على جمهورية مصر العربية نجد أن Q للإسكندرية هي ٢٠ وللقاهرة ٢ فقط ، ومن ثم يبدو واضحا أن المناطق الصحراوية المجاورة للقاهرة شديدة الجفافية إذا ما قورنت بالمناطق الساحلية وهذا ، ولاشك ، عامل أساسي في الاختلاف الكبير في طبيعة الكساء الخضري في كلتا المنطقتين.

ب – الندى Dew

يعتبر الندى موردا مائيا هاما بالنسبة لبعض النباتات وخصوصا الحزازيات والأشن الجفافية وبعض النباتات العشبية الصغيرة ، ويفسر ذلك ظهور نباتات حولية وموسمية في أماكن لم يسقط بها أمطار في المناطق الصحراوية وهذه النباتات تعتمد على الندى كمورد مائي أساسي لها. والندى يتساقط في كثير من الليالي وتستطيع النباتات الوعائية امتصاص بعض الندى المتكاثف عليها ويتسرب

بعض الندى إلى التربة فتمتصه جذور النباتات ويتطاير جزء من الندى على هيئة بخار مع ارتفاع درجة الحرارة أثناء النهار . والعاملان اللذان يسببان تكاثف الندى هما ارتفاع الرطوبة النسبية وانخفاض درجة الحرارة .

ويوجد نوعان من الندى :

١ – الندى الخارجي External dew : وهو الندى الذي يتكثف على سطح الأرض وأوراق النباتات نتيجة ارتفاع الرطوبة النسبية وانخفاض درجة الحرارة .

٢ – الندى الداخلي Internal dew : وهو ندى يتكاثف تحت سطح الأرض تحت تأثير الاختلافات في درجة الحرارة بين طبقات التربة . فبخار الماء ينتقل في التربة من الطبقات الدافئة إلى الطبقات الباردة فيتكاثف في الطبقة السطحية ,يعمل على زيادة المحتوى المائي لهذه التربة ولكن سرعان ما يتبخر هذا الماء بعد سطوع الشمس .

الفصل الثاني

عوامل التربة

Soil Factors

Edaphic Factors

■ أهمية التربة ■ تكوين التربة ■ منشأ التربة ■ مقطع التربة ■ قوام التربة ■ تأثير تركيب التربة على صفاتها ■ المحتوى المائي للتربة ■ الأملاح والعناصر المعدنية بالتربة ■ العوامل التى تساعد على خصوبة التربة وصلاحيتها لنمو النبات .

التربة Soil هي الطبقة المفككة من سطح الأرض الذي تنمو عليه النباتات ، وتتمثل في بضعة أقدام قلائل من سطح القشرة الأرضية تتراوح أشكالها بين الصخور والحبيبات الدقيقة . والتربة نظام مركب يتكون من مواد معدنية Mineral material ومواد عضوية Organic matter في مراحل مختلفة من التحلل كما يحتوي على ماء التربة Soil water ، حيث تذوب فيه عناصر معدنية ومواد عضوية ، وتحتوي التربة أيضا على غازات Soil gases وكائنات حية دقيقة Microorganisms وهي في الغالب من الكائنات المحلِّلة .

أهمية التربة

١ – تقوم التربة بوظيفة تثبيت النباتات في الأرض ، وذلك لأن الجذور تخترق التربة وتتغلغل

فيها في اتجاهات عديدة فتعمل على تثبيت النبات في وضع رأسي . كما تساعده على مقاومة الرياح التي قد تؤدي إلى اقتلاعه من الأرض لولا هذه الجذور والتربة المثبتة بها .

٢ – تؤدي التربة دورا هاما في نمو النبات . حيث يحصل النبات منها على الماء الذي يستخدمه في عمليتي النتح والبناء الضوئي وعلى الأملاح المعدنية كالكالسيوم والماغنسيوم والنترات والفوسفات التي تحتاجها النباتات لتصنيع المركبات العضوية التي يستخدمها النبات أو يختزنها في أنسجته ، كما يحصل النبات من التربة أيضا على الأكسجين الذي تحتاجه خلايا الجذور في عملية التنفس . وفي التربة تحدث عمليات التحلل عن طريق الكائنات المحلِّلة التي توجد بها وبذلك تتكون المادة العضوية المفكَّكة والمختلطة بالعناصر المعدنية والتي تعرف بالدبال Humus .

تكوين التربة

Soil Formation

١ – تكوين الحبيبات المعدنية

تمثل الحبيبات المعدنية الهيكل الرئيس للتربة وتنشأ عن تفتت الصخور بفعل عوامل التعرية . وتنقسم عوامل التعرية إلى عوامل فيزيائية وعوامل كيميائية وعوامل أحيائية .

أ – عوامل التعرية الفيزيائية

وتعرف بالتحات الفيزيائي Physical erosion ويقصد به تفتت الصخور على مر العصور والقرون والأجيال بفعل عوامل التعرية الفيزيائية إلى حبيبات صغيرة . ومن عوامل التعرية الفيزيائية التي تؤدي إلى هذا التحات ، الرياح . والحرارة . والمياه الجارية كالأمطار والسيول . والثلوجُ في البلاد الباردة حيث تتكون الثلوج بين تجاويف الصخور وبسبب ذوبانها تتفتت الصخور . كذلك تسبب الجاذبيةُ الأرضيةُ والبراكينُ والزلازلُ ونحرُ الأمواجِ للشواطئ تحاتًا فيزيائيًا للصخور .

ب – عوامل التعرية الكيميائية

وتسمى بالتحات الكيميائي Chemical erosion . وهي عمليات كيميائية تتوافق مع عمليات التعرية الفيزيائية ، حيث إن النباتات لاتستطيع النمو في الصخور مهما صغر حجمها بل لابد أن تتحول الأملاح والمواد الموجودة في هذه الصخور إلى صورة ذوَّابة لكي يستطيع النبات امتصاصها . ومن عمليات التحات الكيميائي ما يلي :

١) **التميؤ Hydration** . وهو اتحاد الماء بحبيبات التربة المعدنية . وهي عملية شائعة الحدوث في تحلل الصخور وتفتتها ، ومن أمثلتها تميؤ أكاسيد الحديد والألومنيوم والسيليكا .

٢) **التأكسد** **Oxidation** . وهو إضافة الأكسجين إلى بعض الأملاح لتكوين أملاح أخرى ومن أمثلة ذلك تأكسد كربونات الحديدوز إلى أكسيد الحديديك وانطلاق ثاني أكسيد الكربون :

$$4\,FeCO_3 + O_2 \longrightarrow 2\,Fe_2O_3 + 4CO_2$$

٣) **الاختزال** **Reduction** . وهو عبارة عن نقص نسبة الأكسجين وخصوصا في الطبقات العميقة من التربة مثل اختزال مركبات الحديديك إلى مركبات الحديدوز :

$$Fe_2(SO_4)_3 + NaNO_2 \longrightarrow Fe(NO_2)_2 + Na_2SO_4$$

٤) **التحلل المائي** **Hydrolysis** . يحدث ذلك في التربة الغنية بالحبيبات المعدنية ذات القاعدية العالية ويكون نتيجتها تكوين أحماض . ومن أمثلتها تكوين حمض السلسليك من سليكات الكالسيوم بسبب تحلل الماء واتحاده مع الملح (سليكات الكالسيوم) :

$$CaSiO_3 + 2HOH \longrightarrow H_2SiO_3 + Ca(OH)_2$$

وعندما تتكون الأحماض في التربة الصخرية تعمل على زيادة تحللها .

٥) **التفحم** **Carbonation** . وهو عبارة عن اتحاد ثاني أكسيد الكربون مع الأملاح القاعدية بالتربة لتكوين بيكربونات هذه الأملاح وكربوناتها . ومن أمثلتها تكوين بيكربونات الكالسيوم وكربونات البوتاسيوم :

$$Ca(OH)_2 + 2\,CO_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$2\,KOH + CO_2 \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O$$

جـ - العوامل الأحيائية

تؤدى جذور النباتات دورا هاما في تفكك الأحجار . فكثير من الجذور تعمل على تفكيك التربة بطريقة ميكانيكية . وكذلك الحيوانات الثاقبة والحفارة والديدان الأرضية . ولكن الكائنات الحية تؤدي دورا أكثر أهمية في تكوين المواد العضوية بالتربة .

٢ - تكوين المواد العضوية Organic matter

عقب عمليات التعرية الفيزيائية والكيميائية تدخل قوى أحيائية لكي تجعل التربة صالحة لنمو النباتات . وبموت النباتات وتساقطها على التربة لتصبح مصدرا لمواد عضوية كثيرة تختلط ببقايا التربة . فتحدث بها تغيرات جوهرية . فهي تحوي طاقة مختزنة تجعلها صالحة لنمو كثير من الكائنات

كالفطريات والبكتريا التي تزيد من خصوبة التربة بتثبيتها النتروجين وإضافة مواد عضوية جديدة إلى التربة . والمواد العضوية المتخلفة عن النباتات تتحول بفعل الكائنات الدقيقة إلى مادة متحللة سوداء اللون تسمى الدبال وتختلف نسبتها من تربة إلى أخرى من أقل من ١٪ إلى ١٥٪ .

٣ – ماء التربة Soil water

يوجد الماء في الطبيعة على صور ثلاث : سائلة ، وغازية (بخار الماء) ، وصلبة (الثلوج) ، وتحدد درجة الحرارة الحالات الثلاث للماء . ومصدر الماء للتربة بحالته السائلة هو الأمطار وذوبان الثلوج ، وتمتص التربة الماء ليصبح متاحا لجذور النباتات التي تمتصه وتطلقه على صورة بخار في عملية النتح . كما يتبخر الماء أيضا من البحار والمحيطات والأنهار ويتساقط بخار الماء على هيئة مطر بفعل الرياح ؛ وقد سبق توضيح دورة الماء في الطبيعة (الباب الثاني) .

ويمكن تلخيص العوامل التي تعمل على تكوين التربة كما في الشكل (١٨) .

منشأ التربة
Soil Origin

يوجد نوعان من التربة يختلفان من حيث المصدر ، هما :

أ – التربة الثابتة Residual soil

وتنشأ مادتها الأصلية من تفتت الصخور في نفس المكان الذي تبنى فيه التربة .

ب – التربة المنقولة Transported soil

يحدث التفكك والتفتت في مكان بعيد عن المكان الذي تتكون به التربة ، وتنتقل التربة إلى المكان الذي تترسب به محمولة بعدة وسائل مختلفة هي :

١ – الجاذبية Gravity

ويطلق على التربة اسم التربة الطميية المشتركة Colluvial.

٢ – المياه الجارية Running water

ويطلق على التربة اسم التربة الغرينية Alluvial.

٣ – الأنهار الجليدية (المجمدات) Glaciers

ويطلق على التربة اسم التربة الجليدية Glacial.

٤ – الرياح Winds

ويطلق على التربة اسم التربة الريحية (الهوائية) Eolian.

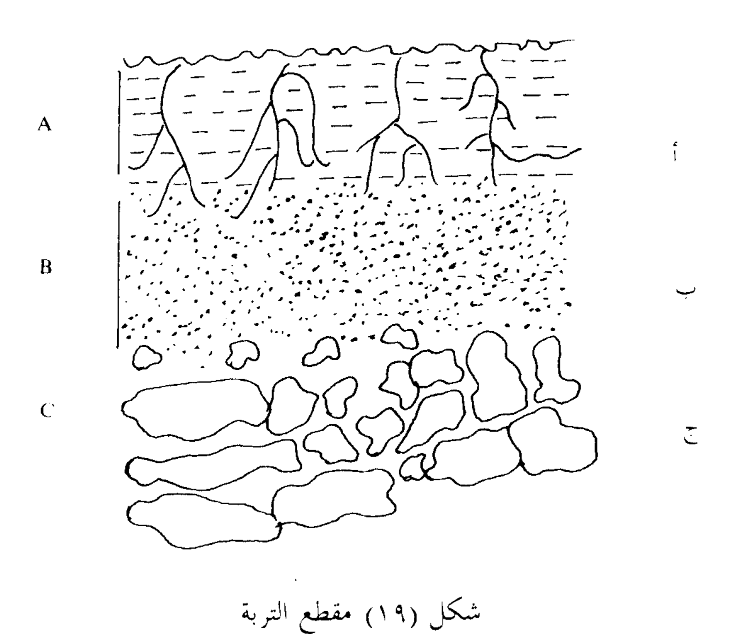
كما أن التربة قد تنتقل عن طريق البراكين وأمواج البحر وبعض العوامل الأحيائية ، والفرق بين التربة الثابتة والمنقولة أن درجة التحلل الكيميائي تتدرج بزيادة عمق التربة في حالة التربة الثابتة ، في حين يكون التحلل الكيميائي غير متدرج في حالة التربة المنقولة . ويوجد انتقال فجائي من طبقة عليا شديدة التفتت إلى طبقة سفلى تمثل الصخور الأرضية ، ومن أمثلة التربة الرسوبية التربة الزراعية

شكل (١٨) العوامل التي تعمل على تكوين التربة

في دلتا الأنهار وبصفة خاصة نهر النيل ؛ حيث حدث التفتت في جبال الحبشة وانتقل الطمي المتفتت مع مياه الفيضان لكي يترسب في دلتا النيل بشمال جمهورية مصر العربية .

مقطع التربة Soil Profile

بسبب التكوين الرأسي للتربة من أعلى إلى أسفل ، فإن بناء التربة يتميز بالتشكيل الرأسي ، ويسمى قطاعَ التربة أو بروفيلَ التربة . وفي هذا القطاع (شكل ١٩) يمكن تمييز ثلاث طبقات أو مستويات رئيسة . يوجد في المستوى العلوي من التربة – والذي يعرف بالمستوى أ (A) – معظم الجذور والمادة العضوية والتي تترسب على هيئة ركام Litter والتي عندما تتحلل وتختلط مع حبيبات التربة تتحول إلى الدبال ، وفي أغلب الحالات لاتوجد المادة العضوية في الطبقة التالية والتي تعرف بالمستوى **ب** (B) والتي تترسب بها المواد التي ترشح من المستوى أ وتتكون هذه الطبقة أساسا من المواد المعدنية التي تفتت من الصخور ، ويوجد أسفلها الطبقة **ج** (C) وهي طبقة الأصل أو الصخور التي لم تتحلل بعد ، أي الصخرة الأم Parent rock .



شكل (١٩) مقطع التربة

قوام التربة Soil Texture

تختلف التربة كثيرا من حيث نعومة الحبيبات المعدنية التي تتكون منها وخشونتها . وتنقسم هذه

الحبيبات حسب حجمها إلى أربع فئات ، يوضح الجدول رقم (٣) قطر حبيبات كل منها .

جدول (٣) أحجام الحبيبات في التربة.

حبيبات التربة		قطر الحبيبة
حصى	Gravel	أكثر من ٢مم
رمل خشن	Coarse Sand	٢ – ٠,٢٥مم
رمل ناعم	Fine Sand	٠,٢٥ – ٠,٠٥مم
طمي	Silt	٠,٢٥ – ٠,٠٠٢مم
طين	Clay	٠,٠٠٢مم

وتنقسم الأراضي إلى أقسام مختلفة تبعا لمكوناتها من نسب مختلفة من الرمل والطمي والطين وهذه الأقسام هي :

١ – التربة الرملية Sandy soil

وتحتوي على ٨٠٪ من وزنها أو أكثر من الرمل و ٢٠٪ أو أقل من الطمي والطين . وهي ذات قدرة ضعيفة على الاحتفاظ بالماء ، وكمية المواد الغذائية بها قليلة ، ذات تهوية جيدة .

٢ – التربة الطمي رملية Sandy loamy soil

وتتكون من ٤٥٪ طمياً و ٣٥٪ رملا و ٢٠٪ طينًا .

٣ – التربة الطمي طينية Clay loamy soil

وتتكون من ٦٠ طميًا و ٢٠٪ طينًا و ٢٠٪ رملا .

٤ – التربة الطينية Clay soil

وتحتوي على أكثر من ٣٥٪ طينًا ، وهي ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء ، وكمية الغذاء بها كثيرة ، ولكنها فقيرة الصرف رديئة التهوية .

٥ – التربة الصفراء Loamy soil

وتتكون من نسب متساوية من الطمي والرمل والطين ، وهي أفضل أنواع التربة من حيث السعة المائية والتهوية وكمية الغذاء الموجودة بها ، وهي أكثر أنواع التربة ملاءمة لنمو النباتات .

تأثير تركيب التربة على صفاتها

أ – السعة المائية Water holding capacity

تتأثر مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء بحجم الحبيبات التي تتكون منها . فالحبيبات الصغيرة يكون سطحها كبيراً وتكون ذات قدرة أكبر من الحبيبات الكبيرة على الاحتفاظ بالماء ؛ حيث يتجمع الماء في صورة أغشية على أسطح الحبيبات الصغيرة كما يحمل في الزوايا التي بين الحبيبات . أما في حالة الحبيبات الكبيرة فإن الماء يتسرب بسرعة من المساحات التي بين الحبيبات . وذلك يفسر احتفاظ التربة الطينية بالماء أكثر من التربة الرملية . إلا أن التربة الرملية ذات مقدرة أكبر على نفاذية الماء نظرا لاتساع الثقوب بين الحبيبات ، ولذلك فإنها تتشرب ماء المطر الذي ينفذ إلى الطبقات الدنيا من التربة ، في حين يمر الماء بصعوبة خلال التربة الطينية لضيق الثقوب بين الحبيبات . ولذلك فإن كمية من المطر تضيع بالانسياب السطحي .

ب – المقاومة لاختراق الجذور Resistence to root penetration

التربة الطينية الثقيلة ذات الحبيبات الدقيقة والمواد الغروية تبدي مقاومة لاختراق الجذور وتغلغلها أما التربة الرملية ذات الحبيبات الكبيرة فتخترقها الجذور بسهولة ، ولذلك فإن الجذور في التربة الطينية تكون قليلة الامتداد وقليلة التفرعات .

جـ – خصوبة التربة Soil fertility

التربة ذات الحبيبات الطينية تكون أكثر خصوبة من التربة الرملية ذات الحبيبات الخشنة ، والسبب في ذلك أن الأيونات اللازمة للغذاء المعدني للنبات توجد ممتزة Absorbed على أسطح الحبيبات الفردية والتي توجد بالتربة الطينية . ووجود هذه الحبيبات بالتربة الطينية يعمل على زيادة خصوبتها .

د – تهوية التربة Soil aeration

التربة الرملية ذات الحبيبات الكبيرة والمسافات البينية الواسعة يستطيع الهواء أن يتحرك فيها بسهولة ، ولذلك يكون التخلص من ثاني أكسيد الكربون الناتج من تنفس الجذور والكائنات الدقيقة سهلاً ميسوراً ويحل محله الأكسجين اللازم لعملية التنفس . أما التربة الطينية ذات الحبيبات الدقيقة والمسافات البينية الضيقة فلا تسمح بتحرك الهواء والغازات داخلها بسهولة .

المحتوى المائي للتربة Soil-water content

المحتوى المائي للتربة هو كمية الماء الذي تحتوي عليه التربة ، ويشمل الماء الممسوك على سطوح الحبيبات وفي الفراغات بين الحبيبات والمتشرب بوساطة الحبيبات الفردية بالتربة . وينقسم إلى أربعة أقاسم هي :

أ - ماء الجاذبية الأرضية Gravitational water

وهو الماء الذي يشغل الفراغات الواسعة غير الشعرية وينفذ إلى أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية . وعقب الري أو سقوط المطر تصبح التربة مشبعة بالماء الذي يملأ الفراغات الشعرية وغير الشعرية معا ، ثم لا يلبث الماء الذي يشغل الفراغات غير الشعرية أن ينفذ إلى أسفل تاركا هذه الفراغات التي يدخلها الهواء . وإذا صادف هذا الماء طبقة صخرية قريبة من سطح التربة يتجمع فوقها ويكون مستوى الماء الأرضي الحر قريبا من سطح الأرض وتصبح تهوية التربة رديئة . وفي الغالب يكون مستوى الماء الأرضي الحر Free water table عميقا ، ولذلك فإن النبات لايستطيع الاستفادة من ماء الجاذبية الأرضية .

ب - الماء الشعري Capillaby water

وهو الماء الموجود محصورا في الزوايا بين الحبيبات أو تمتلئ به الثقوب الشعرية الضيقة بعد رشح ماء الجاذبية الأرضية من التربة بعد الري أو سقوط المطر . وتختلف كمية الماء الشعري الذي تحمله التربة تبعا لقوامها فهذه الكمية تكون أكبر في الأراضي الطينية الثقيلة ذات الحبيبات الطينية منها في الأراضي الرملية ذات الحبيبات الخشنة .

جـ - الماء الهيجروسكوبي Hygroscopic water

وهو الماء الذي تحتجزه التربة عندما تجف في الهواء ، ويوجد هذا الماء على صورة أغشية رقيقة على سطح الحبيبات ، ولذلك يكون ممسوكا بقوة كبيرة ويستعصي على النبات امتصاصه ، ونسبة الماء الهيجروسكوبي تكون أكبر في التربة الطينية عنها في التربة الرملية . كما أنها تتغير في حدود ضيقة مع تغيرات درجة الحرارة والرطوبة ، فتكون أكبر في الجو الرطب البارد وتنقص كلما ارتفعت درجة الحرارة وانخفضت الرطوبة .

د - الماء المتحد (المرتبط) Combined water

وهو الماء المرتبط مع المواد المكونة للتربة من أكاسيد السيليكون والألومنيوم والحديد ، وهذا الماء لا يمكن فصله عن هذه المركبات حتى درجة حرارة ١٠٠°م .

بعض المصطلحات الخاصة بماء التربة

أ – السعة المائية القصوى للتربة (سعة التشبع) Maximum water holding capacity (saturation capacity)

هي كمية الماء الموجود في طبقة من التربة عندما تصل إلى حد التشبع التام بالماء .

ب – السعة الحقلية Field capacity

وهي كمية الماء المتبقي من ماء التربة بعد رشح ماء الجاذبية الأرضية ، وحتى تصير حركة الماء الشعري بطيئة . وعند هذه الحالة يصبح ماء التربة مناسبًا لنمو النبات نموًّا جيدا . وتبلغ الأراضي الزراعية سعتها الحقلية بعد الري أو سقوط الأمطار بفترة يختلف طولها حسب قوام التربة . فالأراضي الرملية تصل إلى سعتها الحقلية بعد بضع ساعات من الري أو سقوط المطر ، في حين تستغرق التربة الطينية بضعة أيام بعد الري لكي يصل محتواها المائي إلى السعة الحقلية .

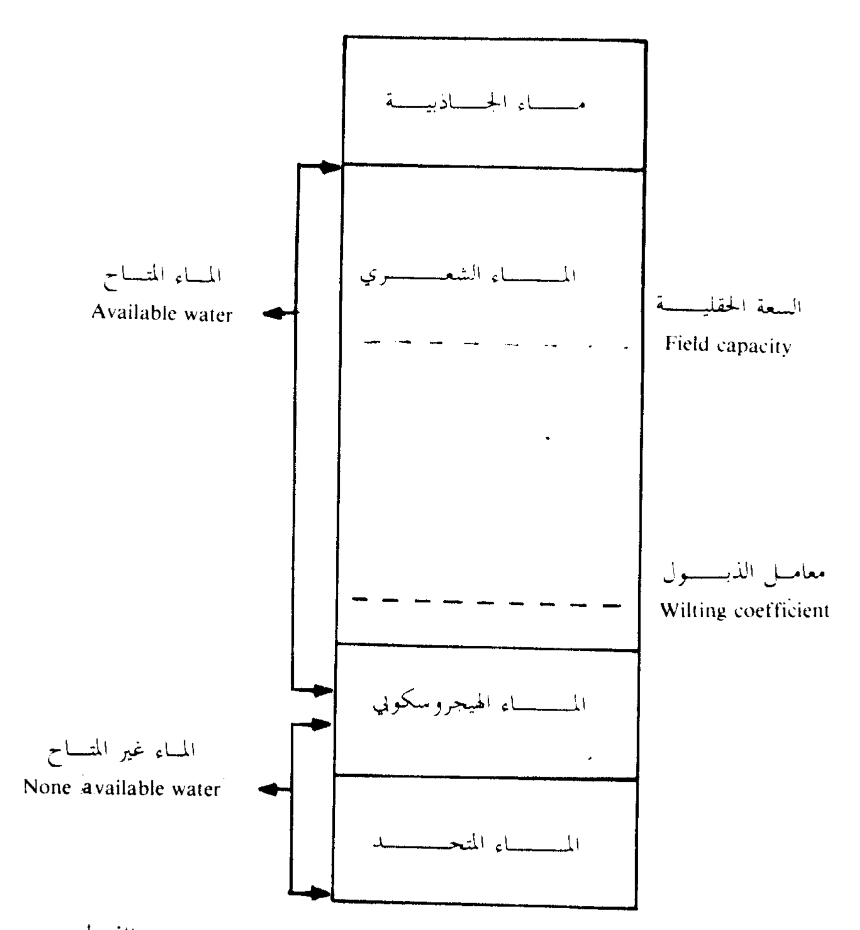
جـ – معامل الذبول Wilting coefficient

يعبر معامل الذبول عن المحتوى المائي للتربة عندما تعاني النباتات التي تنمو بها من الذبول الدائم Permanent wilting حيث إنه الحد من المحتوى المائي للتربة الذي تذبل النباتات عنده ذبولا مستديما ولكن يمكنها النمو بحالة جيدة بإضافة الماء إلى التربة . ومعامل الذبول يمثل الحد الأدنى من ماء التربة اللازم لنمو النباتات التي تعيش عليها وليس الحد الأدنى من الماء الذي يستطيع النبات امتصاصه ؛ لأن النبات يستطيع الاستمرار في امتصاص الماء إذا قلت كميته عن معامل الذبول حتى يصل إلى الماء الهيجروسكوبي الذي تحتفظ به التربة الجافة في الهواء ، ويوضح الشكل (٢٠) العلاقة بين المحتوى المائي للتربة والسعة الحقلية ومعامل الذبول . وقد وجد بِرْجْز Briggs أن هناك علاقة تربط معامل الذبول بالماء الهيجروسكوبي للتربة ، وكذلك بين السعة الحقلية ومعامل الذبول تتضح من المعادلتين الآتيتين :

١ – معامل الماء الهيجروسكوبي = ٦٨٪ من معامل الذبول .
٢ – السعة الحقلية = ١,٨٤٪ من معامل الذبول .

الأملاح والعناصر المعدنية بالتربة

يوجد بالتربة كثير من الأملاح والعناصر الذائبة في ماء التربة مكونة ما يعرف بمحلول التربة Soil solution ، حيث تتحلل الأملاح في ماء التربة إلى أيوناتها . ويبلغ الضغط الأسموزي لمحلول



شكل (٢٠) العلاقة بين المحتوى المائي للتربة والسعة الحقلية ومعامل الذبول

التربة في الأراضي الزراعية ٠,٢ – ١ ضغط جوي وهو أقل كثيراً من الضغط الأسموزي لجذور معظم النباتات الذي يتراوح بين ٥ – ٢٠ ضغطًا جويًّا . وتركيز الأملاح والعناصر في محلول التربة في حالة تغير مستمر بسبب سقوط الأمطار والتبخر والصرف واستهلاك النباتات للمواد المعدنية من التربة . ويختلف مصدر أملاح التربة ؛ فبعضها كالصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والسليكون والكربونات والكبريتات والنترات يتم تكوينها عند بناء التربة وتكوينها بعوامل التجوية Weathering ، والبعض الآخر كالكربونات والنترات والفوسفات ومواد عضوية أخرى تنتج من تحلل البقايا النباتية التي تتحلل في باطن الأرض ، كما أن الأكسجين والنتروجين والأرجون وثاني أكسيد الكربون يتم تثبيتها في التربة من الهواء الجوي أو بذوبانها في الماء ، وأهم العناصر لنمو النبات هي النتروجين والفوسفات والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم .

العوامل التي تساعد على خصوبة التربة وصلاحيتها لنمو النبات

١ – توافر أملاح التربة .

٢ – توافر الدبال بالتربة .

٣ – توافر الماء بكمية مناسبة لنمو النباتات

٤ – توازن قوام التربة من حيث حجم حبيباتها .

٥ – وجود كائنات دقيقة بالتربة تعمل على تفكيكها مما يساعد في تهوية التربة ونمو الجذور وإمداد التربة بالأملاح والعناصر والمواد العضوية ، وتحتوي التربة على أعداد هائلة من الكائنات الدقيقة ، كما يتضح من الجدول رقم (٤) .

٦ – وجود ديدان الأرض والقوارض والنمل ، وتعمل هذه الكائنات على حفر التربة وتقليبها ، الأمر الذي يساعد على تهوية التربة واختراق الجذور لها بسهولة .

جدول (٤) أعداد الكائنات الدقيقة بالتربة .

الكائنات	العدد التقريبي لكل جرام تربة
البكتريا	١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠
الأكتينوميسيتات	١٠,٠٠٠,٠٠٠
الفطريات	١,٠٠٠,٠٠٠
الطحالب	١٠٠,٠٠٠
الحيوانات الأولية	١,٠٠٠,٠٠٠
الخيطان	١٠

الفصل الثالث

عوامل التضاريس

Physiographic Factors

■ الارتفاع ■ الانحدار ■ التعرض ■ أثر الوديان على الكساء الخضرى ■ أثر المناخ الموضعي على الكساء الخضرى .

للعوامل الطبوغرافية تأثير كبير على الكساء الخضري ؛ لأن هذه العوامل تعمل على تقسيم الوسط البيئي للمجتمع النباتي إلى أوساط بيئية موضعية Microhabitats متباينة ومتميزة . ومن أهم العوامل الطبوغرافية التي تؤثر على الكساء الخضري ، الارتفاع والانحدار والتعرض ووجود الوديان ، وهذه العوامل تساعد على تغير المناخ الذي يتأثر بالحالة الطبوغرافية ، ومن ثم فإن الكساء الخضري لايتأثر بالتغيرات الطبوغرافية فقط بلّ وأيضا بالتغير في المناخ الناتج عن هذه التغيرات .

١ . الارتفاع Elevation

كلما زاد الارتفاع تنقص درجة الحرارة ، وهذا النقص في درجة الحرارة يسبب قصر فترة النمو الخضري للنباتات ، ويؤدي قصر فترة النمو إلى إسراع الوظائف الحيوية ، وبصفة خاصة تكوين الأزهار والثمار . ولذلك فإن المستويات المرتفعة على قمم الجبال يمكن مقارنتها بالصحاري القليلة الأمطار ؛ حيث إن النباتات التي تنمو بهاتين المنطقتين تتميز بظاهرة الإسراع للوظائف الحيوية . وفي

المناطق المرتفعة تختلف طرز التكوينات النباتية تبعا للارتفاع ؛ ففي المناطق المنخفضة على سفوح الجبال تنمو غابات كثيفة ، وتستمر هذه الغابات في النمو حتى ارتفاع معين لاتتجاوزه يعرف بمدى الأشجار ، وفوق هذا المستوى تنمو نباتات شجيرية وأعشاب أقل كثافة وغزارة من الغابات ، وفي قمم الجبال العالية – حيث تنخفض درجة الحرارة وتتراكم الثلوج – يختفي الكساء الخضري أو يقل كثيرا ويتمثل بنباتات متفرقة تعيش في ظروف بيئية صعبة .

٢ . الانحدار Slope

يؤثر انحدار سطح الأرض على نمو الكساء الخضري وكثافته وحجمه ، ويرجع ذلك إلى أثر الانحدار في زاوية أشعة الشمس ، الأمر الذي يؤثر في درجة تعرض الأرض للإشعاع الشمسي ، وما يتبع ذلك من أثر على الكساء الخضري . كما يؤثر الانحدار في المحتوى المائي للتربة ، حيث يتسبب الانحدار الشديد في تحريك الماء وانتقاله في التربة من المرتفعات إلى المنخفضات . وفي المناطق الرطبة الغزيرة الأمطار تكون حركة الماء من المرتفعات إلى المنخفضات أمرًا مفيدًا ، حيث يساعد على تهوية التربة وجعلها أكثر ملاءمة لنمو النباتات ، أما في المناطق الجافة فانحسار الماء من التربة في المرتفعات وسرعة صرفه يؤدي إلى أضرار كثيرة ؛ لأنه يزيد التربة جفافا .

٣ . التعــرض Exposure

ويقصد بالتعرض هنا التعرض للإشعاعات الشمسية والرياح في المناطق ذات الاختلافات الطبوغرافية الكبيرة التي تؤدي إلى تكوين سلاسل من الجبال الشاهقة ، ويؤدي ذلك إلى تحديد مناطق مناخية متباينة ، فالسفوح الشمالية في نصف الكرة الأرضية الشمالي تكون باردة ، لأنها محجوبة عن أشعة الشمس الحارة أما السفوح الجنوبية فإنها تتعرض للشمس طول النهار ، وهذا الاختلاف في درجة التعرض للشمس يسبب اختلافا كبيرا ، ليس فقط في شدة الضوء والحرارة بين السفح الجنوبي والشمالي للجبال ، ولكن يؤثر أيضا على درجة رطوبة الهواء . وتتسبب هذه العوامل في اختلاف الكساء الخضري بين السفوح الجنوبية والشمالية .

٤ . أثر الوديان على الكساء الخضري

تكون الوديان العميقة الضيقة محمية من أثر الرياح وتكون تربتها عميقة خصبة بسبب ما يتجمع بها من تربة تحملها إليها الرياح ومياه الأمطار والسيول ومواردها من الماء غزيرة ، ولذلك فهي تمثل

بيئة أكثر ملاءمة لنمو النباتات من بيئة المرتفعات والسفوح الشديدة الانحدار على جانبيها . ولذلك فإن الكساء الخضري بهذه الوديان يكون كثيفا متعدد الأنواع والأفراد.

٥ . أثر المناخ الموضعي على الكساء الخضري

يختلف المناخ الموضعي كثيرا في مدى بضعة أمتار على الأراضي غير المستوية ؛ إذ إن الحالة الطبوغرافية بالموقع تؤثر كثيرا على المناخ الموضعي ، ففي حماية صخرة أو كثيب صغير يكون هناك اختلاف هام في تأثير الرياح يمكّن نباتًا أو جماعة من النباتات من النمو في أماكن ما كانت لتنمو بها تحت الظروف العامة للبيئة لولا هذه الحماية الموضعية . ونلاحظ هذه الظاهرة كثيرا في الصحارى والمناطق الساحلية ، حيث تزداد غزارة النباتات ويزداد حجمها من الناحية الواقعة خلف المرتفعات التي تعترض اتجاه الرياح في حين تقل النباتات في الناحية المواجهة للرياح . وبالمثل فإن الاختلافات البسيطة في مستوى سطح الأرض بالصحارى تسبب اختلافا شاسعا في توزيع النباتات ، وذلك بسبب تجمع المطر والأتربة التي تحملها الرياح والأمطار إلى المنخفضات ، الأمر الذي يؤدي إلى غزارة النباتات بها ، في حين تظل المرتفعات عارية من الكساء الخضري .



الفصل الرابع

العوامل الأحيائية

Biotic Factors

■ العلاقة بين النباتات ■ العلاقة بين النبات والحيوان .

للكائنات الحية أثر كبير على النباتات ، إذ لا يخلو نبات من وجود صلة بينه وبين كائن حي آخر سواء كان نباتًا أو حيوانًا . ويمكن تقسيم العوامل الأحيائية التي تؤثر على النباتات إلى علاقة فيما بين النباتات وعلاقة بين النباتات والحيوانات .

أولا : العلاقة بين النباتات

يوجد فيما بين النباتات أربع صور من العلاقات هي التطفل Parasitism والمعايشة Commensalism والتكافل أو التقايض Symbiosis والمنافسة Competition . وفيما يلي نتناول هذه العلاقات ببعض التفصيل .

١ – التطفل Parasitism

في هذه الحالة يكون أحد النباتات متطفلا على نبات آخر ويعرف الأول بالطفيل Parasite والثاني بالعائل Host . ويستفيد الطفيل بما يمتصه من مواد غذائية من العائل ويكون معتمدا عليه اعتمادا كليا في حياته ، كما أنه يسبب له الضرر . والتطفل يشمل كثيرًا من النباتات الزهرية كما يشمل كثيرًا من الكائنات الدقيقة ، وبصفة خاصة الفطريات التي تسبب كثير من الأمراض الفطرية للنباتات .

والتطفل قد يكون كاملا ، كما في تطفل الهالوك *Orobanche* والحامول *Cuscuta* والكثير من الفطريات كفطر صدأ القمح *Puccinia graminis* ، أو قد يكون جزئيًا كما في نبات الهدال *Loranthus curviflorus* الذي يتطفل على المجموع الخضري للسنط *Acacia* . ولنبات الهدال أوراق خضراء تقوم بعملية البناء الضوئي التي من خلالها يصنع النبات غذاءه العضوي أما الاحتياجات الغذائية غير العضوية فيحصل عليها من النبات العائل .

والنبات المتطفل يثير النبات العائل إثارة تسبب رد فعل مقاومًا من العائل . وإذا كانت مقاومة العائل ضعيفة فإن الطفيل يجد فيه وسطا ملائما للنمو ، الأمر الذي يلحق الضرر بالعائل ، ففي هذه الحالات يُضعِف الطفيل نمو العائل ويجعله أقل قدرة على المنافسة ويحد من تكاثره وانتشاره . فقد يحول الطفيل دون نمو أعضاء التكاثر نتيجة نموه في مكانها أو يسبب اضطرابات في تغذية النبات العائل تجعله غير قادر على إكمال نموه حتى مرحلة تكوين الأزهار والثمار . ومن أمثلة ذلك فطر سيستوبس كانديدا *Cystopus candida* الذي يصيب نبات الخردل *Sinapis arvensis* فيسبب تضخم أجزاء الزهرة وعدم تكوين حبوب لقاح في سَدَاها وضمور المبيض . وفي بعض الحالات يقاوم النبات العائلُ الطفيلَ فتنشط أنسجته وتحدث انقسامات متتالية للنواة في الخلية الواحدة فتتكون أورام ظاهرة تعرف بالعفصات Galls .

٢ – المعايشة Commensalism

وهي علاقة بين نباتين دون تأثير ضار لأحدهما على الآخر برغم حصوله على بعض المكاسب منه ، فالنباتات قد تكون احتياجاتها الضوئية والغذائية مختلفة فيتعايش بعضها مع بعض دون تنافس . ومن أمثلة التعايش : النباتات العالقة Epiphytes والنباتات المتسلقة Lianas .

أ – النباتات العالقة Epiphytes

وهي نباتات تتخذ من فروع الأشجار والشجيرات دعامة أو مسكنا لها ، وهي في الغالب لاتضر بالنباتات الحاملة لها . ولا توجد بين النباتات العالقة والنباتات التي تعيش عليها علاقات فسيولوجية أو

كيميائية ؛ فالنباتات العالقة تعيش على الفروع الحية للأشجار وتتدلى جذورها في الهواء وتتمكن من امتصاص الماء من الرطوبة الجوية المرتفعة في مناطق الغابات الاستوائية التي تكثر بها النباتات العالقة كنباتات الفصيلة السحلبية Orchidaceae . وللنباتات العالقة جذور هوائية بها تكيفات تمكنها من امتصاص بخار الماء من الجو ، كما أنها تحصل على المواد الغذائية من الغبار المتطاير من التربة وما يتحلل من قلف الأشجار . وهناك بعض النباتات التي تجمع الماء في أوراقها المتحولة فيما يشبه القدر كما في نبات النبنثينس *Nepenthes* .

وقد يكون للنباتات العالقة تأثيرات سلبية على النباتات التي تعيش عليها بطريقة غير مباشرة ، فبعض الفطريات التي تعيش بطريقة تكافلية مع النباتات العالقة تتطفل على الأشجار الحاملة لها . كما أن النباتات العالقة من الأُشُن Lichens والطحالب كثيرا ما تغطي جذوع الأشجار الحاملة لها فتؤثر على درجة حرارة الجذوع ورطوبتها وصفاتها الفيزيائية ، كما تؤدي إلى حجب الضوء عن الفروع فتقل البلاستيدات الخضراء بها فيتناقص معدل البناء الضوئي . فضلا عن ذلك فإن هذه النباتات العالقة تمتص الماء والأملاح والمواد العضوية من أنسجة الأشجار الحاملة لها . وقد يستفيد النبات الحامل من النباتات العالقة من الطحالب الخضراء المزرقة التي تقوم بتثبيت النتروجين الجوي .

ب – النباتات المتسلقة Lianas or climbing plants

وهي نباتات وعائية ضعيفة السيقان مثبتة في التربة وسوقها في وضع قائم باعتمادها على نبات آخر أو دعامة للتسلق عليها ، وذلك للحصول على أكبر قدر من الضوء وتشمل هذه النباتات :

أ – متسلقات بوساطة الجذور العرضية التي تنمو على ساق النبات الحامل لها وتدخل في شقوق قشرة الأشجار كما في الفانيلا *Vanilla* .

ب – متسلقات شوكية، وتتسلق عن طريق الأشواك مثل الجهنمية *Bougainvillea* والكالامس *Calamus* .

جـ – متسلقات ملتفة، وفي هذه الحالة تلتف الساق بأكملها حول جذوع الأشجار وأفرعها ، كما في نبات العُلّيق *Convolvulus* .

د – متسلقات محلاقية، ولهذه النباتات أعضاء خاصة بالتسلق تسمى محاليق قد تكون وريقات متحورة كما في بسلة الزهور *Lathyrus* ، أو أعناق أوراق متحورة كما في الكليماتس *Clematus* أو سيقان متحورة كما في العنب *Vitis* .

والنباتات المتسلقة تؤثر على النباتات الداعمة لها بتأثيرات مختلفة بصورة مباشرة أو غير مباشرة . فهي تؤثر بصورة مباشرة عن طريق تغيير عوامل الوسط المحيط Phytoclimate . فإذا كانت النباتات

المتسلقة كثيفة فهي تغير من شدة الضوء ومن رطوبة الهواء ، وكثيرا ماتصبح الإضاءة ضعيفة عند مستوى الطبقات السفلى نتيجة تجمع تيجان النباتات المتسلقة عند قمة الأشجار ، الأمر الذي يؤثر على نمو بادرات الأشجار الداعمة . كما أن المتسلقات عندما تصل إلى مستوى تيجان الأشجار قد تكون تاجا كثيفا من الأوراق يصبح حملا ثقيلا على أفرع النباتات الداعمة يؤدى إلى تكسير الفروع ، كما أن السيقان والفروع غالبا ما تكون متقوسة بسبب الحمل الثقيل من النباتات المتسلقة . وتكثر النباتات المتسلقة في الغابات المدارية وخاصة في المناطق المفتوحة منها وعند حافاتها ، وقد يصل طولها إلى ٧٠ مترًا ويمكن مشاهدتها كالحبال المتشابكة التى تربط أشجار الغابة بعضها ببعض .

وبمقارنة التطفل بالنباتات العالقة والمتسلقة نجد أن التطفل يمثل رابطة اعتماد قوية ، في حين نجد أن النباتات العالقة والمتسلقة ذات رابطة ضعيفة ، فهي لاتعتمد على نباتات أخرى في غذائها – كما في حالة الطفيل – ولكنها تعتمد عليها فقط لتأخذ وضعا رأسيا يمكنها من النمو إلى أعلى لتحصل على قدر كبير من الضوء .

٣ – التكافل Symbiosis

والتكافل هو مشاركة بين نباتين يتبادلان من خلالها المنفعة ؛ إذ يعتمد كل منهما على الآخر في الحصول على نوع من الغذاء دون أن يسبب ضررا به . وفي بعض الحالات لا يمكن لأي منهما أن ينمو دون الآخر . ويوصف التكافل في هذه الحالات بالتقايض أو المبادلة Mutualism .

ومن أمثلة التكافل الأشن Lichens ، وفيها يتحد فطر مع طحلب فيمد الطحلبُ الفُطْرَ بالمواد الكربوهيدراتية في حين يمد الفُطْرُ الطحلبَ بالمواد الغذائية الأخرى من التربة ويوفر له الحماية . وباتحاد الفطر مع الطحلب تستطيع الأشن أن تقاوم الظروف الجوية القاسية . وفي نباتات الفصيلة البقولية يظهر على جذورها عقد بكتيرية وتحصل البكتيريا التي تعيش في هذه العقد على المواد الكربوهيدراتية من النبات في حين تمده بالمواد البروتينية التي تتكون بمساعدة النتروجين الجوي الذي تقوم البكتريا بتثبيته . ومن الجدير بالذكر أن بعض الطحالب الخضراء المُزْرَقَّة يمكنها أيضا تثبيت النتروجين الجوي .

وتعتمد بعض الأنواع النباتية في نموها على العلاقة التكافلية مع الفطريات الجذرية *Mycorrhiza* ؛ مثل الزان *Fagus* والبلوط *Quercus* والصنوبر *Pinus* . ويعتمد إنبات بذور ونمو بادرات مثل هذه النباتات على وجود الفطر المناسب في التربة . وقد يكون الفطر محمولا في البذور نفسها ليساعد على إنباتها . وتقوم مثل هذه الفطريات ببناء المواد الدبالية النتروجينية لصالح الأشجار ، كما أنها تحصل على المواد الكربوهيدراتية من الأشجار . ويوجد من هذه الفطريات الجذرية نوعان :

أ – **فطريات جذرية خارجية Extrophic mycorrhiza**

وهي فطريات تحيط بالجذور من الخارج وتمتد داخلها في المسافات البينية بين الخلايا وتقوم مقام الشعيرات الجذرية بامتصاص الماء والأملاح المعدنية وتقديمها للنبات ، كما في الصنوبر والبلوط والزان .

ب – **فطريات جذرية داخلية Endotrophic mycorrhiza**

وهي فطريات تعيش بالكامل داخل جذور النباتات وتخترق جدر الخلايا ، كما في نبات القيقب *Acer* والخلنج *Arica* وكثير من نباتات الفصيلة السحلبية وغيرها .

٤ – المنافسة Competition

المنافسة هي الوضع الذي ينشأ عندما تنمو النباتات في مكان واحد يكون فيه عامل أو أكثر من العوامل الضرورية لحياتها غير كاف لسد احتياجات جميع النباتات . ويكون التنافس غالبا على الماء أو المواد الغذائية أو الضوء ، ويكون شديدا بين الأفراد التي تتشابه احتياجاتها وتستمد هذه الاحتياجات من المورد نفسه في الوقت نفسه . والتنافس قد يكون بين أفراد النوع الواحد أو أفراد أنواع مختلفة . ويحدث التنافس بين أفراد النوع الواحد ؛ لأنها تتشابه في احتياجاتها الغذائية والمائية والضوء وخاصة عندما تكون كثافتها عالية والاختلافات بينها ضئيلة . ويقاس التنافس بين الأفراد من نفس النوع على أساس عدد الأفراد التي تموت أو على أساس قوة الأفراد وإنتاجيتها . والمنافسة بين الأنواع المختلفة من النباتات تكون بين الأنواع ذوات الصور المتشابهة أكثر منه بين الأنواع غير المتشابهة . والتنافس يكون حادا بين الأشجار وبعضها وبين الشجيرات وبعضها ، وتكون نتيجته نقص عدد الأفراد وأحجامها أو اختفاء نوع أو أكثر من النباتات . ويكون التنافس بين المجموع الخضري على الضوء وبين المجموع الجذري على الماء والمواد المعدنية في محلول التربة . وترتبط قدرة أي نوع من النباتات على المنافسة بخواصه البيولوجية . ومن هذه الخواص : البذور الكبيرة الحجم ، القامة العالية ، سرعة النمو ، القدرة على ترسيب البقايا فوق سطح التربة ووجود صور معمرة كالريزومات وغيرها .

ومن صور المنافسة فيما بين النباتات تأثير نبات على آخر من خلال إفراز مركبات كيميائية متعددة أو من خلال المواد الناتجة من تحلل أجزاء النبات الميتة وهو ما يسمى الأليلية Allelopathy . وهو الأثر الضار الذي يلحقه نبات بآخر عن طريق إفرازه مواد كيميائية في الوسط المحيط . وقد تفرَز هذه المواد من المجموع الخضري أو المجموع الجذري وقد تفرزها البذور والثمار . ويتوقف تأثير هذه الإفرازات على تركيبها الكيميائي وحالتها وتركيزها في الوسط المحيط . ومن أمثلة ذلك المركبات الفينولية التي تفرزها أوراق الكافور *Eucalyptus* والتي تصل إلى التربة عن

طريق غسل الأمطار للأوراق أو مع الأوراق المتساقطة على الأرض . وتؤدي هذه المركبات إلى ضعف نمو الأعشاب تحت أشجار الكافور وعلى مسافة قريبة منها . ويوجد بنبات الشيح المر *Artemisia absinthium* مواد مرة المذاق تسمى الأبسنتين Absintine تفرزها غدد خاصة على سطح الأوراق وتنتقل إلى التربة فتمنع نمو الكثير من النباتات العشبية بالقرب من نبات الشيح المر . والأمثلة على الافرازات النباتية الضارة بنباتات أخرى عديدة ، ولا تقتصر على النباتات الوعائية فقط بل تمتد إلى الكائنات الدقيقة المعروفة بإفرازها للمضادات الحيوية Antibiotics التي تؤثر على نمو كائنات دقيقة أخرى .

وقد يكون التنافس فيما بين النباتات من خلال تأثيرها في الوسط البيئي الذي تعيش فيه ، وينعكس التغيير في الوسط البيئي على المجتمع النباتي مثل انخفاض شدة الضوء أو زيادة الرطوبة الجوية أو نقص ماء التربة أو التغير في شدة الرياح . ومن المعروف أن النباتات في أي مجتمع نباتي تكون ذات ارتفاعات مختلفة فالنباتات الطويلة تحجب الضوء عن النباتات الأقصر . والتظليل لايعني خفض شدة الإضاءة فقط وإنما يشمل تغيير النظام الحراري والمائي وسرعة الرياح للنباتات المجاورة .

ثانيا : العلاقة بين النبات والحيوان

العلاقة بين النبات والحيوانات هي بالدرجة الأولى علاقة اعتمادية للحيوانات على النباتات . فالحيوانات هي الكائنات المستهلكة في النظام البيئي وتعتمد في غذائها على النباتات التي تمثل العناصر المنتجة للغذاء في النظام البيئي . ولا تقتصر العلاقات بين النباتات والحيوانات على هذه العلاقة بل تشمل عدة صور تؤثر من خلالها الحيوانات على النباتات وتتمثل هذه الصور فيما يلي :

١ – غذاء الحيوانات على النباتات .
٢ – المساعدة في عملية التلقيح .
٣ – المساعدة في انتشار البذور والثمار .
٤ – إنتاج المواد العضوية في التربة .

١ – غذاء الحيوانات على النباتات

تتغذى الحيوانات الآكلة العشب على النباتات . وبعض الحيوانات تفضل أنواعا معينة من النباتات على أنواع أخرى . والنباتات المستحبة كغذاء بالنسبة للحيوان تسمى مرغوبة Palatable أما الأنواع النباتية غير المستحبة للحيوانات فتسمى غير مرغوبة Unpalatable . وتستطيع الحيوانات

الآكلة العشب أن تتغذى على نوع واحد من النباتات أو مجموعة من الأنواع المتقاربة . والنباتات التي تتغذى عليها الحيوانات تتفاوت في قيمتها الغذائية وغالبا ما يصنيبها ضرر نتيجة قطع أجزائها الخضراء . ويعرف أكل الحيوانات المختلفة من الفقاريات للنباتات بالرعي Grazing ، كما أن الكثير من الحشرات واللافقاريات يتغذى أيضا على النباتات . والغالب أن الرعي والحشرات تلحق أضرارا بالنباتات ، إلا أنها قد تسبب لها بعض المنافع . ويمكن تلخيص أثر غذاء الحيوانات على النباتات فيما يلي :

أ – نقص مساحة المجموع الخضري الذي يقوم بعملية البناء الضوئي ، الأمر الذي يؤدي إلى إضعاف النباتات . ولكن قد تؤدي قلة حجم المجموع الخضري بالنسبة للمجموع الجذري إلى زيادة كمية الماء الممتص بالنسبة للماء المفقود عن طريق النتح ، وذلك يحسن التوازن المائي ويساعد النبات على مقاومة الجفاف . وفي المجتمعات النباتية الكثيفة قد يؤدي أكل الحيوانات لجزء من المجموع الخضري إلى زيادة في معدل البناء الضوئي نتيجة لزيادة شدة الضوء .

ب – يؤدي الرعي الشديد للنباتات الحولية إلى اختفائها تماما لأن الحيوانات قد تأكلها قبل تكوين البذور ، أما الحشائش فتقاوم التأثير الضار الناتج عن الرعي لوجود ريزومات وبراعم عرضية تساعد على النمو الخضري مرة أخرى بل إن الرعي المتوسط قد يؤدي إلى تنشيط نمو الحشائش . ويتفاوت الضرر الذي يصيب النباتات المعمرة حسب ارتفاعها ، فالأشجار لاتضار إلا قليلا في حين تتقزم الشجيرات الصغيرة وتبقى بدون أوراق أما البادرات فيمكن أن يقضى عليها تماما .

جـ – تلحق الحشرات والقوارض أضرارا بالغة بالنباتات نظرا لأعدادها الكبيرة ، وقد تلتهم أوراق مساحات واسعة من الغطاء النباتي . كما أنها ، إضافة إلى أكلها الأجزاء الخضرية ، تتغذى على أعضاء التكاثر . فكثيرا ما تلتهم القوارض البذور والثمار ، كما أن الحشرات تلحق الضرر بالمبيض وحبوب اللقاح وبذلك فإن هذه الحيوانات تسبب انخفاض إنتاج النباتات من البذور وبالتالي تقليلَ أعدادها .

د – لا تتغذى الحيوانات على جميع الأنواع النباتية بل على الأنواع المرغوبة فقط ، وهذا يؤدي إلى تغيير تركيب المجتمع النباتي ، رغم أنه قد لا يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية النباتية في المجتمع . ففي الغابات المختلطة أصيبت أشجار البلوط بحشرة أدت إلى انخفاض إنتاج البلوط بنسبة ١٤٪ ، ولكن نتيجة ازدياد شدة الضوء وانخفاض القدرة التنافسية للبلوط زاد إنتاج أشجار أخرى كالزيزفون *Tilia* والمران *Fraxinus* والقيقب .

٢ – المساعدة في عملية التلقيح

عملية التلقيح Pollination هي نقل حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم . وقد يكون هذا

الانتقال في نفس الزهرة أو من زهرة إلى زهرة أخرى على نفس النبات أو في نبات مختلف ، ويعرف الأخير بالتلقيح الخلطي وهو يؤدي – في رأي علماء الوراثة – إلى تكوين أفضل البذور وأقواها . وهناك نباتات عديدة لابد أن يكون التلقيح فيها خلطيا وهي تشمل النباتات ذات الأزهار الوحيدة الجنس وكذلك الأزهار التي تنضج فيها المتوك والمياسم في أوقات مختلفة ، كما تشمل كثيرًا من النباتات التي لايحدث بها تلقيح ذاتي لوجود عوامل وراثية تسبب عدم التوافق الذاتي . والتلقيح الخلطي يتم بعدة وسائل منها الرياح والحشرات وأحيانا عن طريق الماء في النباتات المائية . والغالبية من النباتات ذات التلقيح الخلطي يتم فيها التلقيح بوساطة الحشرات ؛ ففي منطقة حوض البحر المتوسط وجنوب أوربا يتم التلقيح بوساطة الحشرات في ٨١ – ٨٤٪ من الأنواع النباتية ، وفي شمال أوربا تبلغ النسبة ٧٣٪ ، وفي الدول الإسكندنافية ٦٥ – ٦٧٪ . أما في روسيا فإن التلقيح الخلطي بالحشرات يتم في ٧٥٪ من ذوات الفلقتين ولكن يتم في ١٠٪ فقط من ذوات الفلقة الواحدة ؛ حيث يتم التلقيح الخلطي في ٨٦٪ من هذه النباتات بوساطة الرياح . تتميز أزهار النباتات التي يتم فيها التلقيح بوساطة الحشرات بحجمها الكبير وألوانها الزاهية ورائحتها الشذية وإفرازها لرحيق يجذب الحشرات إليها . وأهم الحشرات التي تقوم بعملية التلقيح هي نحل العسل والنحل الطنان والزنابير والفراش والخنافس . وفي بعض الحالات تتوثق العلاقة بين النبات والحشرة لدرجة أن يعتمد كل منهما على الآخر . ويحدد انتشار بعض الأنواع النباتية وجود الحشرة التي تنقل حبوب اللقاح بين أزهاره لإتمام عملية التلقيح ، كما في بعض نباتات الفصيلة البقولية Fabaceae وفصيلة حنك السبع Scrophulariaceae . فعند نقل نبات النفل *Trifolium pratense* إلى أستراليا لم يعط بذوراً لعدم نقل حشرة النحل الطنان التي تقوم بعملية التلقيح في هذا النبات .

٣ – المساعدة في انتشار البذور والثمار

تنتهج أغلب النباتات أساليب مختلفة في طريقة نثر بذورها وانتشارها بما يضمن استقرارها في أماكن وظروف بيئية مواتية لإنباتها ونموها . ولكل نبات تكيفات خاصة تساعده في نثر بذوره مثل ترتيب الأزهار وشكل الثمار وطريقة تفتحها وانتظام البذور بها ، وقد تتشابه أنواع الجنس الواحد أوالفصيلة الواحدة في طريقة تفتح الثمار وانتشار البذور . وهناك عدة عوامل تسهم في عمليات انتشار البذور وإنباتها ونمو النباتات الجديدة منها حسب طبيعة كل نبات . ويمكن لأنواع كثيرة من الحيوانات المساعدة في نقل بذور كثير من النباتات والعمل على انتشارها . وتعتبر مساعدة الحيوانات في نقل بذور النباتات بسبب تنقلها الدائم من التأثيرات النافعة للحيوانات على النباتات . ويتم انتشار بذور النباتات وثمارها بوساطة الحيوانات بثلاث طرق هي :

أ – الالتصاق بجسم الحيوانات Epizoochores

بعض النباتات تكون ثمارها مزودة بأشواك أو خطاطيف أو كلابات تعلق بجسم الحيوان مثل نبات الضريسة *Tribulus terrestris* أو تكون ذات سطوح لزجة كنبات الدبق *Viscum album* وبسبب حركة الحيوان فإن هذه الثمار تنتقل من مكان إلى آخر ، الأمر الذي يساعد على انتشارها . كما أن بذور بعض الأنواع النباتية وثمارها تنتقل مع أقدام الحيوانات ومناقير الطيور . وخاصة تلك الطيور التي تخزن ثمار النباتات وبذورها لفصل الشتاء ، فبعض هذه الثمار والبذور تسقط أثناء نقل الطيور لها ومنها ما يفيض عن حاجة الطيور فتنمو لتعطي نباتات جديدة .

ب – الانتقال داخل الجهاز الهضمي للحيوانات Endozoochores

تتغذى بعض الحيوانات على ثمار النباتات وتمر البذور بالقنوات الهضمية للحيوان وتخرج إلى التربة حيث تنبت وتنمو من جديد . والثمار التي تنتقل بهذه الطريقة تكون صالحة للأكل وذات ألوان جذابة وتكون البذور ذات قصرة سميكة تقاوم العصارات الهاضمة ، وبالتالي تبقى محتفظة بقدرتها على الإنبات بعد خروجها من الجهاز الهضمي . بل إن العصارات الهاضمة قد تعمل على تليين أغلفة البذور فيصبح إنباتها أسرع ، مثل نبات السنط *Acacia* ونبات الفكسينيوم *Vaccinum myrtilis* .

٤ – إنتاج المواد العضوية في التربة

يؤدي سير الحيوانات وانتقالها من مكان إلى آخر إلى زيادة فائدة البقايا النباتية عن طريق تقطيعها عند وطئها وطمرها في الطبقات السطحية من التربة ، وتتحول هذه البقايا إلى مواد عضوية تساعد النباتات على النمو . كما أن الحيوانات تلقي بكميات كبيرة من البقايا العضوية ، وبتحليل هذه البقايا وخلطها بالتربة نتيجة حركة الحيوانات تصبح التربة غنية بالمواد العضوية اللازمة لنمو النباتات ، فالبقايا العضوية للحيوانات غنية بالمواد النتروجينية اللازمة لنمو النباتات .



الباب الخامس

الإنسان والبيئة

■ علاقة الإنسان بالبيئة ■ تلوث البيئة ■ التصحر .



منذ استوطن الإنسان الأرض وهو يستغل مواردها لإشباع حاجاته التي تباينت على مر العصور بتباين البيئة التي يعيش فيها . ومن هنا ظهرت في القرن التاسع عشر نظرية الحتمية البيئية Determinism التي ترجح أن الإنسان هو نتاج بيئته ؛ يتأثر بها كثيرا ويعيش على ما تجود به من موارد دون أن يكون له تأثير عليها . ويرى بعض رواد هذه النظرية أن ثمة علاقة بين البيئة وطبائع الشعوب وعاداتهم فمن رأيهم أن البيئة هي التي ترعى الإنسان وتوجه أفكاره وتحدد نشاطه ، فكل شيء – في رأيهم – يخضع للبيئة الطبيعية .

ومع التطور الحضاري الذي حدث في القرن العشرين ظهرت آراء تقول : إن علاقة الإنسان بالبيئة تحددها إمكانيات الإنسان وقدراته على استغلال المصادر البيئية . وهذه الآراء تعرف بنظرية الإمكانية Possibilism ، والتي يرى أصحابها أن البيئة تقدم للإنسان عددا من الاختيارات وأنه يختار منها مايناسب قدراته وإمكانياته وأهدافه وطموحاته وتقاليده . فالإنسان – من وجهة نظر رواد هذه المدرسة مثل فيدال ولاباش – هو سيد البيئة والمسيطر عليها وهو الذي يحدد نمط استغلال مواردها . وهم – على النقيض من أصحاب نظرية الحتمية – يقولون لو أن البيئة هي العنصر الحاكم في أنشطة الإنسان لتشابهت الأنشطة البشرية في البيئات الطبيعية المتشابهة وهذا أمر غير قائم . ويعضدون رأيهم بأن الإنسان قد ظهرت بصماته على البيئة بإقامة السدود وحفر الترع والأنهار وشق الطرق وإقامة المصانع واستنباط سلالات جديدة من النباتات والحيوانات . ولا شك أن هناك شواهد كثيرة تؤيد وجهة نظر أصحاب نظرية الإمكانية ، منها التقدم الصناعي والحضاري لبلدان فقيرة الموارد الطبيعية كاليابان وبعض دول غرب أوربا وجنوب شرق آسيا .

والواقع أن العلاقة بين الإنسان وبيئته ليست حتمية مطلقة ولا إمكانية مطلقة . ومن هنا نشأت فكرة التوافقية أو الاحتمالية Probabilism التي ينادي بها علماء البيئة المعاصرون . ويرى أصحاب هذه المدرسة الفكرية أن دور البيئة الطبيعية يتعاظم في بعض البيئات في مواجهة الإنسان ، حيث تكون البيئة صعبة وقدرات الإنسان محدودة في حين يتعاظم دور الإنسان في بيئات أخرى في مواجهة صعوبات البيئة الطبيعية وتحدياتها . فالبيئات المختلفة ليست ذات تأثيرات متماثلة على الإنسان ، كما أن

الإنسان من واقع كثافته ودرجة تحضره ليس ذا تأثير واحد في كل البيئات ، فالبيئات المختلفة تتباين في استجابتها لجهد الإنسان ، فهناك البيئة الصعبة التي تحتاج إلى جهد كبير وتقدم علمي من جانب الإنسان وهناك البيئة السهلة التي تستجيب لجهد الإنسان ، وبين هذه وتلك هناك بيئات تتفاوت في درجة استجابتها لما يبذله الإنسان من جهد في سبيل استغلال مواردها . ومن هنا يمكن القول إنه إذا اقترنت بيئة صعبة مع إنسان سلبي فإن الحتمية البيئية تبرز بشكل واضح ، ومن ثم تحدد البيئة علاقة الإنسان بها . وإذا اقترنت بيئة سهلة مع إنسان إيجابي فإن الإمكانية تبرز بشكل واضح . وعلى ذلك فإن علاقة الإنسان بالبيئة تحدد على أساس طبيعة البيئة من ناحية وقدرة الإنسان وإمكانياته من جهة أخرى .

وقد أخذت علاقة الإنسان بالبيئة على الأرض صورًا متعددة على مر العصور . ففي بداية حياة الإنسان على الأرض كانت استجابته للبيئة سلبية ؛ إذ وقف الإنسان البدائي المتخلف عاجزًا أمام الطبيعة ولم يستطع تطويع بيئته لرغباته ؛ إذ كان جهده متوقفا على ما تجود به نباتات الأرض من ثمار . وبمرور الزمن تحولت استجابة الإنسان إلى استجابة تأقلمية مع بيئته رغم أن البيئة كانت ذات الأثر الأكبر على الإنسان . وفي تلك الفترة اشتغل الإنسان بالزراعة وعرف الاستيطان وحفر الآبار لتوفير المياه للري كما قام بصيد الحيوانات . ثم تطورت استجابة الإنسان مع البيئة إلى استجابة إيجابية تمثلت في محاولة الإنسان التغلب على صعوبات البيئة وتحدياتها للحصول على احتياجاته . وفي تلك الفترة من الزمان اشتغل بالزراعة المنتظمة ، وهي حرفة تُبرز إمكانيات الإنسان وقدراته على استغلال موارد البيئة ، كما قام باستئناس الحيوانات والرعي وأنشأ بعض الصناعات البدائية . والآن تسمى استجابة الإنسان مع البيئة استجابة إبداعية ؛ إذ ابتكر الإنسان طرقًا ووسائل عدة للتغلب على صعوبات البيئة وتسخير مواردها من أجل حاجاته بل ورفاهيته . ومن ثم عمل بالصناعة وهي بلا شك حرفة تحتاج إلى الابتكار والإبداع . والتقدم الصناعي الذي نراه اليوم يؤكد سيطرة الإنسان على البيئة وتطويعها لمصلحته في مجالات متعددة .

الفصل الأول

علاقة الإنسان بالبيئة

■ أثر البيئة على الإنسان ■ أثر الإنسان على البيئة ■ استنزاف موارد البيئة الطبيعية ■ الحفاظ على الموارد البيئية من خطر الاستنزاف .

أثر البيئة على الإنسان

تختلف البيئة الطبيعية من منطقة إلى أخرى تبعا لمكوناتها ، ويمكن تمييز بيئات مختلفة مثل البيئة الجبلية أو بيئة المرتفعات والبيئة المنخفضة كبيئة السهول والوديان ، كما يمكن تمييز البيئات من حيث المناخ فهناك البيئة الحارة والمعتدلة والباردة وهناك البيئات الرطبة والجافة ... إلخ . ولا شك أن عناصر البيئة مثل الموقع والتضاريس والتربة والمناخ تؤثر بدرجة كبيرة على استجابة الإنسان للبيئة وقدرته على استغلال مواردها للوفاء بمتطلباته . ولتبين أثر البيئة على الإنسان يجدر بنا أن نتناولها من خلال عناصر مكونات البيئة على النحو التالي :

١ – الموقع الجغرافي

الموقع الجغرافي المفتوح الذي يطل على البحار والمحيطات أو الاستراتيجي ، يساعد الإنسان على إبراز إمكانياته في استغلال الموارد البيئية . فهذا الموقع يوفر فرصة أفضل لنشاط الإنسان مثل الصيد البحري والنشاط التجاري وبناء السفن وسهولة الاتصال بالعالم الخارجي ، كما يساعد على إيجاد حالة من الصراع والتنافس تدفع الإنسان إلى مزيد من النشاط للحصول على موارد جديدة . أما الموقع

الذي يركز الإنسان فيه على إشباع حاجاته من البيئة المحلية ويُحرم من الدخول في المنافسة فقليل الأهمية يقنع الإنسان فيه بالحياد السلبي ، وقد تنشأ بين سكانه بعض الصراعات المحلية على الموارد .

٢ - التركيب الجيولوجي

التركيب الجيولوجي للبيئة هو الصور التكوينية التي أسهمت في بنائها ، وهذا يعرف ببنية البيئة الأساسية ، وهي تختلف من بيئة إلى أخرى وتؤثر في حياة الإنسان بعدة صور . فالبيئة الغنية بالمعادن ومصادر الطاقة توجه نشاط الإنسان نحو الاشتغال بالتعدين وإنتاج مواد الطاقة وما يترتب على ذلك من أنشطة . كما أن طبيعة الصخور والمعادن في الأرض تحدد قدرتها على اختزان الماء الأرضي ، كما تفرض عليه الالتزام بمواصفات خاصة عند إقامة المدن والتجمعات الصناعية وبناء السدود بما يمكنه من مواجهة مخاطر هذه البيئة .

٣ - التضاريس

التضاريس هي أشكال سطح الأرض وتتفاوت بين الجبال والهضاب والسهول والوديان ، وهي تحدد نشاط الإنسان . فعلى قمم الجبال والمرتفعات يقل الأكسجين وتنخفض الحرارة والضغط الجوي بما يفقد هذه البيئة الكثير من مقومات حياة الإنسان . كما أن انحدار التضاريس ووعورتها تعوق الإنسان عن الاستغلال الأمثل لموارد الطبيعة ، فالانحدار الشديد لسفوح الجبال يؤدي إلى انسياب الأمطار ويحد من استعمال الآلات الزراعية ويعوق إنشاء الطرق . أما بيئة السهول والمنخفضات فتكون سهلة الاستغلال ؛ حيث تتيح للإنسان فرصة التوسع الأفقي وإقامة المستوطنات الزراعية واستخدام الآلات الزراعية وإنشاء المجمعات الصناعية إذا كانت موارد البيئة الأخرى تساعد على ذلك . وبرغم ذلك فإن بيئة الجبال والمرتفعات قد يتوافر بها مساقط مائية يستغلها الإنسان في توليد الطاقة وقد يكون الطقس بها معتدلا فتناسب السياحة والترفيه كما أنها قد تكون غنية بالمعادن .

٤ - التربة

التربة هي المصدر الرئيس للغذاء النباتي والحيواني . وتختلف التربة في البيئات المختلفة من حيث تركيبها الميكانيكي وصفاتها الفيزيائية وخصائصها الكيميائية ومحتواها المائي ودرجة خصوبتها . وذلك يؤثر في توجيه نشاط الإنسان في اختيار محاصيل زراعية دون غيرها أو استخدام أسلوب بعينه في الزراعة . وقد تحتاج إلى إضافة مخصبات إلى التربة الفقيرة لرفع طاقاتها الإنتاجية . كما يفرض عمق التربة نمط الزراعة ونوع النباتات التي يمكن للإنسان زراعتها .

٥ - المناخ

مناخ أية منطقة هو محصلة جملة عناصر أهمها الحرارة ووفرة الماء والرياح . وهذه العوامل تتأثر

بعوامل أخرى ، الأمر الذي يجعلها تتباين تباينا شديدا من بيئة إلى أخرى . ومن ثم تنشأ الأقاليم أو البيئات المناخية كالبيئة الاستوائية أو المدارية والبيئة الجافة أو الصحراوية والبيئة المعتدلة والبيئة الباردة . . . إلخ . ولعل أهم عوامل المناخ في توجيه نشاط الإنسان هي الحرارة ووفرة الماء . فالإنسان في البيئة الحارة يلتزم في نشاطه الزراعي بزراعة نباتات تتحمل درجة الحرارة المرتفعة مثل القطن والذرة وقصب السكر والموز والمانجو . أما في البيئة المعتدلة الحرارة فالإنسان يزرع محاصيل كالقمح والشعير والبنجر والموالح والبطاطس . وفي البيئة الشديدة البرودة كالمناطق القطبية فقد يختفي النشاط الزراعي . كما يختفي النشاط الزراعي أيضا في البيئة الجافة الشديدة الحرارة كما في الصحاري . والحرارة أيضا تحدد للإنسان ملبسه ومسكنه كما أنها بارتباطها طرديا مع شدة أشعة الشمس تؤثر على لون البشرة ، فلون بشرة الإنسان يتدرج من الأسود القاتم عند خط الاستواء إلى الأبيض كلما اتجهنا شمالا .

ووفرة المياه في البيئة تحدد النشاط الزراعي ؛ ففي المناطق التي توجد بها المياه بوفرة يستطيع الإنسان ممارسة الزراعة المنتظمة وزراعة المحاصيل التي تحتاج إلى مياه غزيرة . أما قلة المياه فتدفع الإنسان إلى البحث عن المياه الجوفية . كما أن موعد سقوط الأمطار يحدد نوع المحاصيل التي يمكن زراعتها ؛ فالأمطار الموسمية لاتناسب الزراعة المستمرة على مدار العام أما المطر الدائم أو وجود الأنهار فهي تتيح للإنسان العمل بالزراعة على مدار العام . أما سقوط الأمطار بغزارة فقد يسبب فيضانات مدمرة . كما أن كمية المطر وموسميته قد يضطر الإنسان إلى إقامة السدود والخزانات لاستغلاله في الزراعة والشرب في غير موسم المطر . ويؤثر المطر على صور الحياة النباتية وكثافتها . وطبقا لكمية المطر وموسميته فإن الغطاء النباتي يتفاوت من الغابات الكثيفة والحشائش والنباتات الصحراوية . وذلك يفرض أنواعًا بعينها من الحيوانات تستطيع دون غيرها الحياة على النباتات التي تنمو في هذه المناطق .

أثر الإنسان على البيئة

حاول الإنسان على مر العصور التغلب على صعوبات البيئة وتحدياتها بما يحقق متطلباته وطموحاته . وقد تباينت الجهود التي بذلها الإنسان بتباين البيئة وكذا تباين قدرات الإنسان العلمية والحضارية . وعلى ذلك فقد اختلف تأثير الإنسان من بيئة إلى أخرى تبعا للكثافة السكانية وما يبذله من جهد لاستغلال موارد بيئته ، كما اختلف أيضا من بيئة إلى أخرى تبعا لصعوبات البيئة . وفيما يلي بعض ما بذله الإنسان لتطويع مكونات البيئة وإخضاعها لسيطرته من أجل تحقيق متطلباته وأهدافه :

١ - في الجبال والمرتفعات قام الإنسان بتحويل سفوح الجبال إلى مدرجات أو مصاطب ليجعلها مستوية تصلح للزراعة . كما قام بشق الطرق والأنفاق عبر الجبال ليتغلب على مشكلة

الاتصال ، كما قام باستغلال المنحدرات التي تندفع عندها المياه في توليد الطاقة الكهربائية من المساقط المائية واستخدام هذه الطاقة في إقامة الصناعات وإنارة المنازل .

٢ – في البيئة الجافة قام الإنسان بكشف المياه الجوفية للاستفادة منها في إقامة مستوطنات تقوم على النشاط الزراعي ، كما في القصيم والأحساء بالسعودية والعبدلي بالكويت والعين بالإمارات العربية والواحات في مصر وليبيا والجزائر . كما قام بتوفير المياه العذبة بإعذاب مياه البحر واستخدامها للشرب والزراعة بطرق حديثة كالري بالرش والتنقيط كما في السعودية ودول الخليج العربي . وفي المناطق التي تعاني من قلة الموارد المائية استخدم الإنسان وسائل عدة لترشيد استهلاك مياه الري مثل إقامة السدود كتلك المقامة على نهر النيل ونهر الكونغو ودجلة والفرات ، كما قام بتبطين قنوات الري بالأسمنت أو البلاستيك واستخدم الأنابيب الأسمنتية والبلاستيكية لتقليل فقد الماء بالتسرب أو التبخر .

٣ – من أجل تحسين التربة أضاف الإنسان الرمال إلى التربة الطميية لتفكيكها وزيادة تهويتها ليتمكن من زراعة أنواع جديدة من المحاصيل بها . كما قام بإضافة الطمي والأسمدة العضوية إلى التربة الرملية لتقليل مساميتها وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء وزيادة خصوبتها ، كما عمد إلى زراعة نباتات تزيد من خصوبة التربة الفقيرة في محتواها الغذائي مثل البقوليات والمحاصيل الأخرى التي تصاحب جذورها كائنات دقيقة مثبتة للنتروجين الجوي . وبالنسبة للتربة الحمضية ، فإن الإنسان يضيف إليها الجير لإحداث درجة من التعادل والتخلص من الآثار الضارة الناجمة عن حموضتها الزائدة . وعند زيادة الأملاح بالتربة فإن الإنسان يقوم بغسلها وشق المصارف لها لتخليصها من الأملاح الزائدة ، كما يحدث في شمال الدلتا بمصر وجنوب العراق . وفضلا عن ذلك فقد استنبط الإنسان سلالات جديدة من النباتات تتحمل ملوحة التربة .

٤ – في مجال زيادة الإنتاج الزراعي استخدم الإنسان الآلات الحديثة في الزراعة والري والحصاد وتطهير الترع والأنهار والمصارف ، وقام بشق الأنفاق وتمهيد الطرق وتسوية الأرض . ولجأ الإنسان إلى تشييد البيوت الزجاجية والبلاستيكية لحماية النباتات من الطقس البارد خلال فصل الشتاء ، كما نجح في استنباط سلالات نباتية ذات إنتاجية مرتفعة أو درجة تحمل عالية للظروف البيئية غير المواتية وكذا سلالات ذات دورة حياة قصيرة أو مقاومة للأمراض .

٥ – في مجال مصادر الطاقة والمعادن ، وهي هامة جدا في العصر الحالي الذي تسود فيه الآلة كل مظاهر الحياة ، قام الإنسان باكتشاف مصادر متعددة للطاقة منها المصادر الصلبة كالفحم ، والسائلة كالنفط ، والغازية كالغاز الطبيعي والطاقة النووية ، وهي تعطي طاقة هائلة يمكن بها مواجهة التوسع السريع في استهلاك الطاقة رغم أن التوسع في استخدام هذه الطاقة يواجه معارضة شديدة من جانب أنصار حماية البيئة من التلوث الإشعاعي ولإمكانية استخدامها في الحروب .

ويعمل الإنسان على تطويع مصادر الطاقة المتجددة وتطويرها ، كالطاقة الشمسية والطاقة

الأرضية والطاقة الهوائية والطاقة المتولدة عن أمواج البحر . وتعد مصادر الطاقة المتجددة أفضل المصادر ؛ لأن احتمال نفادها أمر غير وارد ،كما أنها لاتستنزف مصادر البيئة ولا تسبب تلوثها . وقد نجحت بعض الدول المتقدمة كالولايات المتحدة وماكان يسمى بالاتحاد السوفيتي في استخدام الطاقة الشمسية في كثير من المجالات كإعذاب مياه البحر ومياه الآبار . وفي كثير من الدول – بينها مصر – تستخدم السخانات الشمسية لتسخين المياه وطهي الطعام وتوليد الكهرباء . ويعمل العلماء الآن على إيجاد السبل لتخزين الطاقة الشمسية ونقلها واستخدامها في تحريك السيارات وغيرها من المركبات . ولا شك أن التوسع في إنتاج الطاقة المتجددة من أهم تحديات القرن الواحد والعشرين ؛ لأن مصادر الطاقة الأخرى كالفحم والبترول هي مصادر غير متجددة وفي سبيلها إلى النفاد خلال وقت قصير ، فالاحتياطي من النفط لن يتجاوز عمره مائة سنة أما الفحم فيمكن أن يكفي العالم لمدة ٤٠٠ سنة ولكنه مصدر لا يمكن الحصول عليه إلا بتكاليف باهظة كما أنه يسبب تلوث البيئة .

مما سبق نرى سعي الإنسان الدائب لاستغلال الموارد الطبيعية للأرض من أجل الوفاء بمتطلباته الأساسية وتحقيق طموحاته نحو حياة أفضل . وقد ظل الإنسان لآلاف السنين وهو لايعرف سوى تطور بطيء في أساليب الإنتاج ، وبالتالي كانت احتياجات الناس قاصرة على متطلبات الحياة الأساسية ، وكان التغيير والتجديد محدودًا ، ومن هنا نشأت العادات والتقاليد . أما إنسان القرن العشرين فقد نجح في تغيير بيئته بسرعة مكنته من توفير مستوى مرتفع من الرفاهية ، وبصفة خاصة في الدول المتقدمة صناعيًّا وبعض الدول الغنية بالمصادر الطبيعية وخصوصا النفط . وقد ساعد على ذلك التجديد المستمر في أساليب الإنتاج واستخدام تقنيات مستحدثة واكتشاف تطبيقات جديدة لمختلف العلوم في مختلف مظاهر الإنتاج والتوزيع والاتصالات وفي العصر الحالي حدث تطور سريع في الاحتياجات والأذواق ارتبط بزيادة كبيرة في السكان مع نزعة عارمة نحو المزيد من الاستهلاك ، وذلك كله يدفع إلى زيادة معدل الاستغلال لموارد البيئة .

وقد بلغ الإنسان في تأثيره على البيئة بالتغيير مراحل تنذر بالخطر ؛ إذ تُجَاوَز في بعض الأحوال قدرة النظم البيئية على الاحتمال . وذلك أدى بدوره إلى تناقص القدرة البيولوجية للأرض . ويمثل ذلك استنزافا للمصادر الطبيعية وفقدا للموارد غير قابل للتعويض أو الاسترجاع . كما أن نزعة الإنسان نحو المزيد من الاستهلاك ألجأته إلى استخدام وسائل لزيادة الإنتاج ضارة بالتوازن البيئي . وقد نجم عن ذلك ظهور مشكلات بيئية لم يكن للإنسان عهد بها من قبل ويتعين عليه إيجاد حلول لها . ومن هذه المشكلات استنزاف موارد البيئة أو الاستغلال غير المقنن لمصادرها ، وتلوث البيئة ، ومشكلة التصحر وغيرها من المشكلات التي تختلف باختلاف ثقافة المجتمع ووجه الحياة في البيئة .

وسوف نتناول ببعض التفصيل مشاكل استنزاف موارد البيئة والتلوث والتصحر .

استنزاف موارد البيئة الطبيعية

الموارد الطبيعية في البيئة هي المخزون غير المستخدم الذي يستفيد منه الإنسان . وتنقسم هذه الموارد تبعا لاستمرارية عطائها وإمكان استنزافها إلى موارد متجددة Renewable resources مثل الشمس والماء والهواء والنباتات والحيوانات البرية ، وموارد غير متجددة None- renewable resources مثل المعادن والصخور ومصادر الطاقة الحفرية كالفحم والنفط والغاز الطبيعي . والموارد المتجددة يمكن الحفاظ عليها واستمرار عطائها برغم أنها معرضة للتلف عن طريق التلوث أو للفناء والتبديد عن طريق سوء الاستغلال . أما الموارد غير المتجددة فالمستهلك منها من الصعب تعويضه . والموارد الطبيعية قد تكون شائعة الملكية لا تعرف حدودًا سياسية كالشمس والهواء ومصادر المياه ، وقد تكون خاضعة لسيطرة دولة بعينها مثل النباتات والحيوانات البرية ومصادر الطاقة غير المتجددة . وحيث إن هذه الموارد جميعها تمثل مكونات النظم البيئية على الأرض ، ولما كان بعض هذه الموارد قد يتعرض للنضوب أو التلف أو الفناء فإن دورها في النظام البيئي قد ينعدم . ومن هنا يحدث خلل في التوازن البيئي المطلوب والضروري لاستمرار الحياة على الأرض ؛ لأن نفاد مورد من موارد البيئة قد يتعدى إلى الموارد الأخرى . وقد تتسع دائرة الخلل في النظام البيئي لتصبح مشكلة عالمية . واستنزاف موارد البيئة الطبيعية يحدث بعدة صور نذكر منها بعض الأمثلة المتعلقة بموضوع هذا الكتاب وهي :

١ - قطع أشجار الغابات

الغابة نظام بيئي تمثّل فيه النباتاتُ مصدرَ الطاقة والأكسجين وتمثّل الحيواناتُ مصدرَ الغذاء البروتيني . ولكن عندما تراجع مخزون الفحم وهو مخزون الأرض من الطاقة الكامنة بها ، لجأ الإنسان إلى قطع الأشجار لاستغلالها كمصدر للطاقة وفي بناء السفن وأدى ذلك إلى انقراض كثير من الغابات . وأرض الغابة تكون بعيدة عن الشمس وبمعزل عن حرارتها تحت ظل الأشجار كما أن التحولات المتشعبة للأوراق المتساقطة إلى مواد عضوية تعمل كغذاء لأجيال جديدة من الأشجار . ولكن قطع الأشجار يجعل أرض الغابة معرضة للشمس ، الأمر الذي يتسبب في تفكك الطبقة العضوية وفقدها ، وذلك يقضي على النباتات ويؤدي إلى تدهور النظام البيئي بالغابة .

٢ - تجفيف البحيرات للاستفادة منها في الزراعة

أدى التزايد المطرد في سكان كثير من المناطق إلى اللجوء إلى تجفيف كثير من البحيرات لاستغلالها في الزراعة . ولعل هذا الأمر يبدو عملا جيدا كوسيلة لتوفير الغذاء للسكان . ولكن تجفيف البحيرات يسبب تحول النظام البيئي من نظام منتج للغذاء البروتيني إلى نظام زراعي منتج للحبوب ، الأمر الذي يتسبب في نقص القيمة الغذائية لإنتاجية النظام البيئي . ومن الأمثلة على ذلك أن منطقة بحر الغزال في النيل الأعلى

بالسودان كانت تحوي أكبر احتياطي للبروتين في العالم . ولكن في الفترة الأخيرة تم تجفيف حوالي ٤٠٠٠ هكتار لتجربة زراعة الأرز بها ، الأمر الذي أدى إلى تحول السكان من الصيد إلى المعيشة على زراعة الأرز ويؤدي ذلك إلى تدني القيمة الغذائية لإنتاجية النظام البيئي .

٣ - الرعي الجائر لنباتات المراعي

نباتات المراعي هي في الغالب أعشاب وحشائش تنمو طبيعيا على مياه الأمطار وتتغذى عليها الحيوانات وهي لذلك مصدر جيد للبروتين الحيواني . ويجب فهم سلوك المجتمع النباتي وخصائصه في أرض المراعي واستخدام نباتات المرعى بطريقة منظمة تسمح بتجديد الكساء الخضري لأجيال متعاقبة ، أي يجب أن يكون هناك تكافؤ بين الإنتاج النباتي المتاح للرعي وبين عدد حيوانات الرعي . ولكن في بعض الحالات يطمع الإنسان في مزيد من الربح السريع فيطلق أعدادا كبيرة من حيوانات الرعي على مساحة من أرض المرعى لاتكفي الإنتاجية النباتية بها لغذاء الحيوانات الراعية . ونتيجة لذلك فإن الحيوانات تتغذى على النباتات الصغيرة فيتناقص الكساء الخضري وتقل الإنتاجية تدريجيًا حتى تكاد تنعدم . وبالطبع فإن لكل مرعى قدرة تحمل ، فكلما كان الكساء الخضري كثيفا ومن أنواع رعيية جيدة زادت قدرته على تحمل عدد أكبر من حيوانات الرعي . ويجب الحرص على النظام البيئي في المراعي وعدم تحميله أكثر من قدرته حتى يظل دائما مصدرا للغذاء ، وبالطبع يجب العمل على زيادة قدرة التحمل لنباتات المرعى .

٤ - تبوير الأراضي

مع زيادة كثافة السكان ونزوع الإنسان إلى حياة أفضل ، نشطت حركة البناء وازداد الطلب على الرمل والحصى لصناعة الطوب والأسمنت وكثر استخدام الأراضي الزراعية والمراعي ومجاري الأنهار لاستخراج مكونات صناعة البناء منها . وقد أدى ذلك إلى فقدان التربة في هذه المناطق لخصوبتها ، الأمر الذي أدى إلى تدهور إنتاجيتها . ولم يقتصر تبوير الأراضي على استغلالها في الحصول على مكونات صناعة البناء بل تعدى ذلك إلى إقامة المباني على الأراضي المنتجة ، فكم من أرض زراعية تحولت إلى أحياء سكنية في كثير من مدن العالم ، وكم من أرض مراع وأرض زراعية تحولت إلى مناطق صناعية كان من الممكن إقامتها في صحار قريبة تتميز بإنتاجية ضعيفة لندرة الكائنات المنتجة بها .

٥ - تغيير معالم النظام البيئي

كما أشرنا سالفا فإن النباتات والحيوانات تعيش في نظام بيئي متوازن ويتأثر بالظروف البيئية المحيطة بطريقة تحفظ هذا التوازن وتبقي عليه . ويتسبب تدخل الإنسان في كثير من الحالات في تغير معالم النظام البيئي وتدهوره ، ومن أمثلة ذلك :

أ - نقل النباتات والحيوانات من بيئتها الطبيعية إلى بيئة أخرى ذات ظروف بيئية غير مناسبة ، الأمر الذي يؤدي إلى موت النباتات والحيوانات . وغالبا ما يتم جلب الحيوانات من بلاد بعيدة وغابات عامرة بها . وتعتبر أوربا وأمريكا الشمالية أكثر البلدان جلبا للحيوانات والطيور التي تأتي غالبا من أفريقية ، ونظرا لاختلاف المناخ بين أوربا وأفريقية فإن الكثير من هذه الحيوانات يموت أو يعيش بلا تكاثر ، وهكذا يحدث إفراغ للبيئة الأفريقية من مكوناتها الطبيعية ، الأمر الذي يتسبب في الإخلال بالنظام البيئي بها . ومن المؤلم أن كثيرا من الحيوانات مهدد بالانقراض بل إن كثيرا منها قد انقرض فعلا ، وتثبت الإحصائيات أن ما لايقل عن ١٢٠ نوعًا من الثدييات ونحو ١٥٠ نوعًا من العصافير قد انقرضت . وبالطبع فإن تحويل البحيرات والأراضي البرية إلى أراض زراعية أو تبويرها يتسبب في انقراض كثير من النباتات والحيوانات التي تعيش فيها .

ب - صيد الحيوانات والطيور كهواية أو للغذاء ، ولا يعتبر الصيد بغرض الغذاء ضارا بالطبيعة إذا كان منظما بحيث تحدد الأنواع المسموح صيدها في مكان معين والفترة الزمنية للصيد بحيث لا يؤثر ذلك على تكاثر الحيوان وحفظ نوعه ، مع الاهتمام الخاص بحماية الأنواع النادرة أو المهددة بالانقراض . أما اصطياد الحيوانات لجلودها وفرائها وخاصة الحيوانات النادرة وتعقب بعض الحيوانات لكونها ضارة فيمثل تدخلا في النظم البيئية يجب على الإنسان التوقف عنه . ومن الأمثلة على تأثير الصيد الجائر لمعالم النظام البيئي ما حدث في سهول زامبيا ، حيث كانت تعيش أعداد كبيرة من الظباء والطيور والأسماك في البحيرات العذبة ، ولذلك يعيش السكان على الصيد ولكن تطور وسائل الصيد وعدم تنظيمه أدى إلى تناقص عدد الظباء ، فقد كان السكان في الماضي يستعملون النبال والقطع الحادة فكانت تتوافر للحيوان الفرصة للهرب ولكن استعمال البنادق والسيارات في ملاحقة الحيوانات أدى إلى القضاء على كثير من الحيوانات والطيور ، الأمر الذي أدى إلى تدني إنتاجية النظام البيئي من البروتينات وكان ذلك سببا في هجرة كثير من سكان المنطقة .

٦ - إتلاف التربة

التربة هي مصدر الغذاء الرئيس للنبات والحيوان ، ولذلك فإن إتلافها يمثل استنزافا لمورد أساسي تعتمد عليه الحياة على الأرض ، ومن صور إتلاف التربة ما يلي :

أ - الجريف ، وهو إزالة الطبقة العلوية من التربة المحتوية على المواد الغذائية والعضوية اللازمة لحياة النبات .

ب – الإسراف في استخدام مياه الري وعدم وجود سبل صرف المياه الزائدة ، وذلك يؤدي إلى سوء تهوية التربة وزيادة الأملاح بها .

جـ – الإفراط في زراعة محاصيل بالتربة ، الأمر الذي يؤدي إلى إجهادها بسبب ما تفقده من مواد غذائية . وعدم اتباع دورة زراعية سليمة تتعاقب فيها محاصيل مجهدة للتربة مع محاصيل مخصبة لها .

د – عدم استخدام النباتات المناسبة لنوع التربة وعدم الاهتمام بالمعالجات الميكانيكية والكيميائية الصحيحة لصيانة التربة .

هـ – تحركات الرمال من الصحاري إلى التربة ، الأمر الذي يجعلها غير صالحة للزراعة . ويمكن تجنب ذلك بإنشاء سياج من الأشجار في صفوف يعمل أيضا على حماية المحاصيل من شدة الرياح .

٧ – زيادة معدل استهلاك مصادر الطاقة والمعادن

نتيجة للتقدم الصناعي والتقني الذي يعيشه العالم اليوم ، ازداد معدل استهلاك الطاقة والمعادن ، والاستمرار في استغلال هذه الموارد بمعدلات مرتفعة قد يؤدي إلى فنائها . ولما كانت مصادر الطاقة المستخدمة الآن مثل النفط والفحم والغاز الطبيعي من المصادر غير المتجددة ، فإنها معرضة للنفاد . ومن ثم يكون من الضروري ترشيد استهلاكها وصيانتها من خطر الاستنزاف . ومما يحتم ذلك أن المصادر البديلة كالطاقة النووية لها أخطارها ، كما أن الحصول على طاقة من الشمس والرياح والمياه بتكلفة اقتصادية أمر غير ممكن في المستقبل القريب ، وبصفة خاصة في الدول النامية التي تنتمي إليها الدول العربية والإسلامية .

٨ – سوء استغلال الماء

تغطي المياه نحو ٧١٪ من مساحة الكرة الأرضية ويوجد ٩٨٪ من المياه على الأرض في صورة سائلة . وتبلغ نسبة المياه العذبة حوالي ٣,٣٪ إلا أنها تعد مصدر الحياة على سطح الأرض فقد جعل الله من الماء كل شيئ حي . وبرغم أن الماء كمورد طبيعي يعتبر موردا متجددا في كثير من الأحوال إلا أنه يتعرض للاستنزاف بعدة صور منها :

أ – التغير في الظروف المناخية وما يترتب على ذلك من قلة الأمطار أو عدم سقوطها ، الأمر الذي يؤثر على المياه كمورد بيئي ومن ثم على المكونات الحية للنظام البيئي .

ب – زيادة معدلات النمو السكاني في بعض البلدان ذات الموارد المائية المحدودة ، وما يترتب على ذلك من تناقص المياه المتاحة للاستهلاك وعدم كفايتها كما يحدث في بعض المدن .

جـ – الإسراف في استخدام المياه للري وعدم اتباع وسائل الري الحديثة كالري بالرش والري بالتنقيط .

د – قذف الملوثات في الماء ، الأمر الذي يفقده أهميته للحياة ، كما حدث في نهر الراين وغيره من الأنهار والبحار والبحيرات في العالم .

هـ – انسياب مياه الأنهار إلى البحار والمحيطات . ويبلغ الفاقد من مياه الأنهار في البحار نحو ٣٠٪ من المياه التي تسقط على سطح اليابس .

و – استخدام المياه الجوفية دون الموازنة بين حجم المخزون ودرجة تعويضه ، وبين مشروعات التوسع الزراعي والعمراني بما يكفل استمرارية الاستفادة من المياه الجوفية .

الحفاظ على الموارد البيئية من خطر الاستنزاف

يعتبر الحفاظ على الموارد الطبيعية من خطر الاستنزاف ضرورة حتمية تفرضها رغبة الإنسان في استمرارية الحياة على سطح الأرض . ويجب أن يتم ذلك من خلال إطار بيئي يستند إلى دراسة عناصر البيئة المختلفة وتحليل تركيبها ووظيفتها من أجل الاستخدام الرشيد لمواردها وفق معايير وضوابط محددة ، بما يحقق بقاء الموارد الطبيعية كمصدر عطاء مستمر والعمل على إبطاء معدل نفاد الموارد غير المتجددة . ومن السبل الواجب اتباعها للحفاظ على الموارد البيئية من الفناء ما يلي :

١ – حماية النباتات والحيوانات البرية

ويتم ذلك بعدة طرق نذكر منها ما يلي :

أ – تحديد فترات لصيد الحيوانات والطيور وفترات يتوقف فيها الصيد حتى يتاح للحيوانات والطيور فرصة التكاثر والتعويض . وقصر وسيلة الصيد على الطيور الجارحة أو الأسلحة التي لاتصيب غير حيوان واحد أو طائر واحد .

ب – تنظيم أوقات رعي الحيوانات للنباتات البرية وعدم رعي بادرات النباتات حتى تستكمل نموها وإنتاج بذورها حتى تتمكن من النمو في المواسم التالية .

جـ – حماية النباتات والحيوانات النادرة من الانقراض بتحريم صيد مثل هذه الحيوانات وتحريم رعي النباتات من أجل زيادة أعدادها في البيئة حتى لاتنقرض تماما . ويتم ذلك باتباع نظام المحميات الطبيعية ، وهي مناطق تعيش فيها نباتات وحيوانات برية أو بحرية مهددة بالانقراض أو نادرة يمنع فيها الصيد والرعي منعا باتا أو يتم بصورة منظمة تخضع للوائح ومعايير يضعها الخبراء استنادا إلى دراسة الحياة البرية في هذه المنطقة . وقد أثبت نظام المحميات الطبيعية جدواه في ضمان استمرار حياة الكثير من النباتات والحيوانات البرية في ظل توازن طبيعي بعيدا عن تأثير الإنسان . ومن أمثلة

المحميات محمية حوطة بني تميم في وسط المملكة العربية السعودية ومحمية جزر فرسان على ساحل البحر الأحمر عند جيزان جنوب غرب السعودية ومحمية رأس محمد عند التقاء البحر الأحمر بجنوب شبه جزيرة سيناء بجمهورية مصر العربية .

د – العمل على إنماء الأنواع المهددة بالانقراض وإكثارها في مراكز بحوث متخصصة في سلوك الكائنات البرية وحياتها ، وتوفير البيئة الملائمة لتكاثرها في الأسر تمهيدا لإعادتها إلى البيئة الطبيعية التي تعيش فيها . وقد نجحت الهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية وإنمائها في المملكة العربية السعودية من إكثار عدد من أنواع الحيوانات النادرة ، منها طيور الحبارى والدجاج الحبشي وحيوان المها العربي .

هـ – العمل على استزراع الغابات في المناطق المستنزفة وعلى سفوح الجبال ، وهذا يعمل على تعويض ما استنزف منها نتيجة قطع الأشجار أو الإزالة من أجل التوسع الزراعي . وحماية الغابات والمراعي من خطر الحرائق بإنشاء ما يسمى بخط النار ، وهو منطقة خالية من النباتات حول أجزاء من الغابة أو المرعى حتى إذا اندلعت النيران في جزء لا تنتشر في باقي أجزاء الغابة أو المرعى .

٢ – صيانة التربة وترشيد استخدام المياه

تتطلب صيانة التربة جهدا كبيرا حتى لا يؤدي استنزافها إلى تدهور الإنتاج الزراعي . ويتطلب ذلك تدخل الدولة بالإرشاد والتوجيه والتخطيط بل ويقتضي الأمر التعاون الدولي في هذا الأمر .

ولا شك أن مواجهة استنزاف التربة ومصادر المياه ضرورة حتمية ، لأن في ذلك حماية للإنسان نفسه . ومن السبل الواجب اتباعها لصيانة التربة نذكر ما يلي :

أ – عدم تجريف التربة لاستخدامها في صناعة طوب البناء وفرض عقوبات رادعة على من يقومون بتجريفها .

ب – اختيار النباتات المناسبة لنوع التربة وعدم زراعة نباتات مجهدة للتربة حتى لاتفقد خصوبتها . وزراعة محاصيل متعاقبة من أنواع مختلفة .

جـ – تعويض التربة عما تفقده من مواد عضوية ومعدنية ، وذلك بإضافة الأسمدة إليها وزراعة محاصيل مخصبة لها مثل البقوليات .

د – تقنين مياه الري وترشيد استخدامها وإنشاء شبكات صرف لمياه الري الزائدة . واستخدام وسائل ري متطورة لتوفير المياه ومنع زيادة الأملاح بالتربة .

هـ – الاهتمام بالمعالجات الميكانيكية لتفكيك حبيبات التربة وزيادة تهويتها وترك مخلفات النباتات بها مع تقليبها لزيادة مسامها .

و – إنشاء مصدات رياح من الأشجار في صفوف لحماية التربة من التذرية أو الجرف ولمنع الرمال من الوصول إلى التربة الزراعية . وزراعة سفوح الجبال بالنباتات بنظام المدرجات أو المصاطب لحماية التربة من الجرف مع مياه الأمطار وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء .

٣ – ترشيد استهلاك مصادر الطاقة والمعادن

سبق أن أشرنا إلى أن مصادر الطاقة الحفرية هي المصدر الرئيس للطاقة في العالم ، وهي من مصادر الطاقة غير المتجددة ، وأن استمرار استغلالها سوف يعرضها للاستنزاف ، ومن ثم وجب الاهتمام بصيانتها وترشيد استهلاكها والعمل على إيجاد مصادر بديلة لها . ومن السبل التي يجب اتباعها في هذا الشأن مايلي :

أ – تطبيق بعض الأساليب بتقليل الحد الأقصى للسرعة . وتلافي اختناقات المرور في المدن ، لأن استهلاك الوقود يزداد مع بطء حركة سير السيارات ، ومن أجل ذلك منعت بعض الدول قيادة السيارات في يوم أو أكثر في الأسبوع .

ب – التوعية بخطر استنزاف مصادر الطاقة وتوجيه الناس نحو الاقتصاد في استهلاك الطاقة الكهربائية في المنازل وأماكن العمل والمصانع . وتقليل الفاقد من هذه الطاقة ، وكذلك ترشيد استهلاك الغاز الطبيعي .

جـ – التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة النووية والشمسية وتوليد الطاقة من الرياح وأمواج البحر والطاقة الحرارية الأرضية . ومما يشجع هذا الاتجاه التقدم التقني الذي وصل إليه إنسان القرن العشرين .

د – إجراء مسح جيولوجي لمناطق جديدة من أجل الكشف عن مناجم جديدة أو اكتشاف معادن جديدة وتطوير أساليب التعدين وزيادة أعمال التنقيب والعمل على استغلال الخامات ذات التركيزات المنخفضة من المعادن والثروة المعدنية الذائبة في مياه البحار والمحيطات أو الموجودة في صخور أرضية هذه المسطحات المائية . والعمل على إعادة الاستفادة من المنتجات المعدنية المستهلكة لتقليل استهلاك المواد الخام .

الفصل الثاني

تلوث البيئة

Pollution

■ مسببات تلوث البيئة ■ حماية البيئة من التلوث .

المفهوم الشائع للتلوث هو إلقاء النفايات بما يفسد نظافة البيئة ، إلا أن التعريف العلمي للتلوث هو حدوث تغيير أو خلل في الحركة التوافقية التي تتم بين العناصر المكونة للنظام البيئي ، حيث يؤدي الخلل في هذا النظام إلى إفقاده القدرة على التخلص الذاتي من الملوثات بالعمليات الطبيعية التي تتم فيه .

ومنذ القرن الثامن عشر وتلوث البيئة يتزايد مع تطور الصناعة دون أن يعي الإنسان نتائجه ، وبتقدم التكنولوجيا وتزايد السكان ظهر مقدار التلوث وأصبح كل إنسان مسؤولا عنه . ويمكن القول إن التلوث ليس من الموضوعات الجديدة وإنما الجديد هو نتاج الأعوام الخمسة والعشرين الأخيرة التي ظهرت خلالها تغيرات واضحة على عدد كبير من الكائنات الحية . وفي الوقت الراهن تزايد الاهتمام بدراسة التلوث لمعرفة مسبباته والعمل على مكافحته والتقليل من أخطاره .

مسببات التلوث

١ - مبيدات الآفات Pesticides

مبيدات الآفات هي مواد كيميائية تستخدم لقتل الآفات وهي الكائنات الضارة بالإنسان

والحيوان والنبات ، مثل كثير من الحشرات والفطريات والأعشاب . وقد كثر الحديث عن أخطار المبيدات ، ولكن الكثيرين من الناس لايدركون السمية البالغة لهذه المركبات . والمفروض أن المبيد يقتل الآفة فقط التي يستخدم للقضاء عليها ، ولكن معظم المبيدات ليست اختيارية بدرجة عالية . فاستخدام بعض المبيدات بغرض القضاء على حشرة مثل الخنافس التي تصيب الأشجار قد يؤدي إلى قتل الحشرة ولكنه يقتل معها عددًا كبيرًا من الحيوانات الأخرى في المساحة المعاملة وبعيدا عنها ، أي إن المبيد له تأثيرات ضارة على كائنات أخرى غير مقصودة . والسبب الرئيس في قتل الحيوانات هو وصول المبيد الذي لم يتكسر إلى تركيزات مرتفعة ، أي إنه يتراكم ويبقى بأجسام هذه الحيوانات التي توجد في قمة شبكة الغذاء .

والمبيدات التي لا تقتل الكائن تضره وهناك أدلة كثيرة تربط بين مادة الـ د . د . ت (DDT) والفشل في التكاثر لعدة أنواع منها الصقور والبجع . وقد يتضمن ذلك أكثر من تأثير واحد ، ولكن التأثير الهام لهذه المادة ونواتج تحللها تجعل الطيور تضع بيضا له قشور رقيقة بحيث لاتحتمل الاستمرار تحت ظروف الحضانة الطبيعية .

ومن النادر أن تنحصر التأثيرات المباشرة للمبيد على نوع واحد من الكائنات ، كما أنه من النادر أن تنحصر التأثيرات الإجمالية على الأنواع التي تضار مباشرة . فانخفاض وفرة أحد الأنواع يؤثر على التجمعات الأخرى من الكائنات عند نفس المستوى الغذائي وأيضا عند مستويات غذائية أخرى . ومن المعروف أن لمعظم الآفات مفترسات تتغذى عليها واستعمال المبيد يقلل عدد المفترسات بالنسبة لفرائسها وبإضافة كمية كبيرة من المبيد يتم قتل المفترسات تماما في حين قد يبقى عدد قليل من الآفة ، إذا حدث ذلك يستطيع العدد الباقي من الآفة أن يتزايد دون تعرض المفترسات . وفي كثير من الحالات أدى استخدام المبيد إلى انخفاض أولي في كثافة الآفة تتبعه زيادة كبيرة في كثافتها .

وللمبيدات تأثيرات متدائبة ؛ أي إنها تؤثر بدرجة أكبر عندما تكون مرتبطة فيما بينها عما يكون متوقعا من تأثيرها الانفرادي . فمثلا مادة الملاثيون تعتبر مبيدًا غير ضار نسبيا لأنها تتحلل سريعا ويتم التخلص من مكوناتها المتحللة عن طريق الكبد ، ولكن بعض المواد الأخرى تتداخل مع وظيفة الكبد فتزداد بذلك سمية الملاثيون إلى نحو ٥٠ مرة . وهناك نحو نصف مليون مادة كيميائية من صنع الإنسان تستخدم كمبيدات أو في الدهانات وإضافات للوقود وكذلك في الأطعمة والمواد الطبية ولذلك فإن التأثيرات المتدائبة تزداد كلما زاد عدد هذه المواد .

وبما أن الإنسان هو أحد المستهلكات الثانوية في الشبكة الغذائية فمن السهل وصول المبيدات إليه بتركيزات كبيرة تتسبب في كثير من الأضرار ، أهمها السرطان وإحداث التشوهات بالأجنة . وتصل المبيدات إلى جسم الإنسان مباشرة نتيجة استخدامه غير الحذر للمبيدات في المنازل وأماكن العمل

للتخلص من الحشرات الضارة كالذباب والناموس والصراصير ، عن طريق الأنف والفم والجلد ، كما أن كمية من هذه المبيدات تتساقط على الأغذية الموجودة بهذه الأماكن وكذلك على الأدوات التي يستخدمها الإنسان . أما المبيدات التي تستخدم في التخلص من آفات النباتات والحيوانات فإنها تنتقل إلى هذه الكائنات وتتراكم بأجسامها التي يتغذى عليها الإنسان .

ومن الأمثلة المشهورة على خطورة المبيدات أن الولايات المتحدة الأمريكية رشت على فيتنام في مدة عشر سنوات (١٩٦٢ – ١٩٧١م) ٦٠ ألف طن من المبيدات العشبية على مساحة مليون ونصف هكتار من أراضيها ، وفضلا عن تأثير هذه المبيدات في إبادة النباتات والحيوانات وكثير من الناس ، فقد نتج عنها تأثير ضار على المورثات (الجينات) إذ ظهرت في فيتنام التشوهات التالية :

أ – تشقق في سقف الحلق وفي الشفاه .

ب – المنغولية وهي تشوه تكويني يرجع إلى اضطراب (كروموسومي) من مظاهره التخلف العقلي واتساع غير طبيعي في الوجه واضطراب متفاوت في الحركات .

جـ – عدم وجود أطراف أو تشوه في تكوينها .

ومن الجدير بالذكر أن هذه التشوهات ظهرت في الأماكن التي تم رشها بالمبيدات وفي أماكن أخرى بعيدة .

٢ – المواد المشعة Radioactive materials

تطلق بعض المواد إشعاعا يحدث تأثيرات ضارة عن طريق تأين الخلايا أو عن طريق إضافة إلكترونات أو حذف إلكترونات . ومن أمثلة إشعاعات التأين أشعة ألفا وأشعة بيتا وأشعة جاما ، ومن الإشعاعات الضارة أيضا الأشعة السينية والإشعاعات الناتجة عن الانفجارات النووية والإشعاعات الموجودة طبيعيا بالكرة الأرضية كالأشعة فوت البنفسجية والإشعاعات المنطلقة من بعض المواد الموجودة بالقشرة الأرضية .

وللإشعاعات مخاطر بيولوجية كثيرة نذكر منها :

أ – ثبت أن لإشعاعات التأين ثلاث درجات من التأثيرات البيولوجية هي :

١ – تأثيرات شديدة وهي تنتج عن التعرض لجرعات عالية من الإشعاعات وتؤدي إلى موت نصف الأفراد خلال ساعات أو أيام ، أما النصف الآخر الذي يبقى على قيد الحياة فيعاني من بعض الأمراض كفقد البصر أو العقم أو السرطان . وتختلف حساسية الكائنات الحية للتعرض الشديد . فالثديات من بين الكائنات الأكثر حساسية أما البكتيريا فأقل الكائنات حساسية للجرعات الكبيرة من أشعة التأيين .

٢ – التعرض المتكرر لمستوى منخفض من الإشعاع يكون له بعض الأخطار أهمها زيادة القابلية لمرض السرطان .

٣ -يرتبط تأثير تكرار التعرض للأشعة بإنتاج طفرات في الأمشاج الذكرية والأنثوية ويؤدي إلى زيادة نسبة الأطفال الحاملين للطفرات وتقليل خصوبة الأفراد الذين تعرضوا للإشعاعات .

ب – ثبت أن الأشعة السينية شديدة الخطر على الخلايا وبصفة خاصة عند التعرض لها بصفة متكررة . وتؤثر هذه الأشعة على تكوين الصفات عند الأجنة ، ولذلك يمنع تصوير النساء الحوامل بها ويفضل التقليل منها للجميع . وتتسبب هذه الأشعة في حدوث أنواع متعددة من السرطان عند الأطباء والممرضين الذين يفحصون المرضى بهذه الأشعة .

جـ – من الأمثلة المعروفة لمخاطر التفجيرات النووية ظهور تشوهات عند الأطفال اليابانيين الذين كانت أمهاتهم حوامل بهم سنة ١٩٤٥م أثناء إلقاء القنبلة الذرية على هيروشيما وعلى ناجازاكي ، وأهم هذه التشوهات صغر حجم الرأس ، تأخر النمو ، ضعف عام في الصحة ، التخلف العقلي .

ومازال هناك أطفال مشوهون يولدون في اليابان رغم مرور أكثر من خمس وأربعين سنة على إلقاء القنبلة الذرية عليها ، كما أن سرطان الدم بين سكان هيروشيما وناجازاكي يزيد معدله تسعة أضعاف معدله في سائر أنحاء اليابان . وكذلك حدوث تشوهات وحروق وفقدان للبصر والسمع وولادة أطفال مشوهين في المناطق التي تأثرت بالغبار الذري الذي تطاير نتيجة انفجار مفاعل تشرنوبل بالاتحاد السوفيتي عام ١٩٨٨م .

ومن الجدير بالذكر أن التأثيرات الضارة للتفجيرات النووية لايرجع فقط إلى الأشعة الضارة الصادرة عن نواة الذرة ، إن أي انفجار نووي ينطلق عنه غبار ذري يحمل نظائر مشعة تنطلق منها الإشعاعات لفترات طويلة ، إذ إن هذه العناصر المشعة يكون عمر النصف لها طويلا . وعلى سبيل المثال فعمر النصف للسترنشيوم = ٢٤سنة ، وعندما يتساقط غبار هذا العنصر على الأرض يسبب أضرارا جسيمة للنبات والحيوان والإنسان وهو شديد الخطورة ، لأنه يترسب مع الكالسيوم في العظام ويتسبب في حدوث سرطان العظام . ومن العناصر المشعة اليود المشع وعمر النصف له قصير (٨أيام) ولكن عند دخوله الجسم يتركز في الغدة الدرقية وقد يؤدي إلى سرطان هذه الغدة بعد فترة طويلة . وقائمة العناصر المشعة تشمل حوالي ٢٠ عنصرًا تنتج عن الانفجارات النووية والمفاعلات الذرية وهي تهدد الإنسان ، وخصوصا إذا حدثت كارثة كانفجار أحد المفاعلات النووية . وتشير الإحصائيات أن سقوط المواد المشعة الناتجة عن التفجيرات النووية تسببت في حدوث خمسة آلاف

ولادة غير طبيعية في الولايات المتحدة الأمريكية و ٨٦ ألف ولادة غير طبيعية في العالم حتى سنة ١٩٦٣م .

٣ – المواد السامة Toxic materials

هناك الكثير من الغازات والمواد الكيميائية التي تستخدم في المجالات المختلفة ، والكثير من هذه المواد سام ويسبب أضرارا كثيرة ، كتلك التي تسببها المبيدات . ومن أمثلة هذه المركبات الغازات السامة كأول أكسيد الكربون وأول أكسيد النتروجين وغازات الكبريت ومركبات العناصر الثقيلة كالرصاص والزئبق والزرنيخ ومواد التنظيف غير القابلة للتحلل التلقائي عند وضعها في الماء ، وتنتقل هذه المركبات إلى النظام البيئي بتركيزات صغيرة ثم تصبح بعد ذلك مركزة بدرجة كبيرة ، ويتم هذا التركيز في سلسلة الغذاء أي في أجسام الكائنات التي تنتقل إليها ، ومن أمثلة الأضرار التي تسببها الغازات والمواد السامة :

أ – تنطلق غازات الكربون نتيجة الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية ، وتوجد منها نسبة ضئيلة في الهواء . ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون من أخطر الغازات السامة ؛ لأنه يتحد مع هيموجلوبين الدم ويعطي مركب كربوكسي هيموجلوبين الذي يمنع دخول الكمية الكافية من الأكسجين إلى أجزاء الجسم فيؤدي إلى الموت خنقا ، وإذا زادت نسبة هذا الغاز في الجو عن ٠,٢٪ فإن الإنسان يحدث له إغماء بعد نصف ساعة ويموت بعد ساعة تقريبا إذا لم يتم إنقاذه . أما إذا كانت نسبته في الهواء ٠,٠٠٨٪ فإن قدرة نقل الأكسجين عن طريق الدم إلى أجزاء الجسم تنخفض بمعدل ١٥٪ بعد ٨ ساعات ، وذلك يعادل فقد نصف لتر من الدم . وفي الشوارع المزدحمة جدا بالمركبات تصل نسبة أول أكسيد الكربون إلى ٠,٠٤٪ ، وكثيرا مايسبب ذلك أعراضًا مرضية كالصداع والغثيان وآلام المعدة وارتخاء العضلات وتصل في الحالات الخطرة إلى فقدان الوعي .

ومن الآثار الخطيرة التي يمكن أن تحدث نتيجة ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو ارتفاع درجة الحرارة . ويرى أصحاب هذا الرأي أن ارتفاع درجة الحرارة سوف يؤدي إلى انصهار كثير من الجليد عند المناطق القطبية مما ينجم عنه ارتفاع منسوب المياه في البحار . وقد يؤدي ذلك إلى إغراق بعض المناطق الساحلية . إلا أن البعض يؤكد عكس هذا التوقع ، حيث يعتقدون أن زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو سوف يؤدي إلى تكوين سحابة من الضباب الأزرق على ارتفاع يتراوح بين ٢٠٠٠ و ٢٣٠٠ متر فوق سطح الأرض وأن هذه السحابة سوف تعيق وصول الشمس بكامل طاقتها إلى سطح الأرض ثم تقل كمية الحرارة التي تستقبلها الأرض من الشمس ، وبالتالي تنخفض درجة الحرارة على الأرض . ويرى أصحاب هذا الرأي أن العالم مقبل على عصر جليدي جديد . وسواء أدى التلوث بزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى ارتفاع أو انخفاض في الحرارة ، فإن هذا

سوف يؤدي إلى تدهور الكثير من النظم البيئية . ومما يدل على ذلك أن البعض يرى أن ثمة مناطق كثيرة في العالم تشهد تحولا في طبيعة ظروفها المناخية .

ومن غازات الكربون الخطرة غاز كلوروفلوروكربون الذي يستخدم في أجهزة تكييف الهواء والثلاجات وعبوات بعض المبيدات والعطور وسوائل التنظيف التي تنطلق عن طريق الرش . وهذا الغاز خامل في طبقات الجو السفلى أما عند صعوده إلى طبقة الأوزون فإنه يتفاعل معه ويؤدي إلى تآكل طبقة الأوزون التي تحيط بالغلاف الجوي وتمنع وصول الأشعة فوت البنفسجية إلى سطح الأرض . وقد أدى تصاعد هذا الغاز إلى حدوث ثقب في طبقة الأوزون عند منطقة القطب الجنوبي ، وقد تحدث ثقوب أخرى مالم يتدارك الإنسان الأمر ويقلل استخدامات غاز كلوروفلوروكربون . ومن المعلوم أن الأشعة فوت البنفسجية تؤدي إلى الإصابة بأمراض خطيرة كما تسبب الطفرة في المورثات .

ب – من الغازات الخطرة غازات الكبريت التي تنبعث من مداخن المصانع ومصافي تكرير البترول ومحطات الطاقة واحتراق الزيوت . ولعل أخطر هذه الغازات ثاني أكسيد الكبريت ، لأنه يتحد مع بخار الماء في الهواء ويعطي حمض الكبريتيك الذي يتساقط على الأرض فيتلف النبات والحيوان والمباني والملابس ويبدو ذلك واضحا في أوربا نتيجة سقوط المطر الحمضي Acid rain . أما تأثير هذا الحمض على الإنسان ، فإنه ينجم عنه التهابات بالجهاز التنفسي ويتعرض المسنون بصفة خاصة لنوبات من ضيق التنفس ، كما يتلف الغشاء الداخلي للرئة ويسبب الربو والنزلات الصدرية وانتفاخ الرئة وتظهر هذه الأعراض بنسبة أكبر بين سكان الأماكن المعرضة للتلوث بهذه الغازات .

جـ – ومن الغازات السامة أيضا أكاسيد النتروجين ، وهي تنتج عن الاحتراق بكافة أنواعه . وتوجد هذه الغازات بكميات ضئيلة جدا ، تقل عن جزء في المليون ، ولكنها سامة جدا حيث تتحد مع بخار الماء في الجو وينتج عنها حمض النيتريك الذي يسبب التهابات بالقصبة الهوائية . ويسبب هذا الغاز الموت إذا وصلت نسبته في الهواء إلى ٠,٠٧٪ .

د – يعتبر الرصاص من أكثر المعادن السامة ، ويستعمل هذا العنصر في صناعات كثيرة كتمديدات المياه في المنازل وصناعة البطاريات ومواد الدهان وتضاف مركبات الرصاص رابع إيثيل الرصاص ورابع ميثيل الرصاص (تترإثيل وتراميثيل الرصاص) إلى بنزين الوقود لتلطيف حدة الاحتراق في محرك المركبات . ولذلك فلم يَنْأَ مكان في العالم عن التلوث بالرصاص . ويتطاير رابع إيثيل (تترإثيل) الرصاص في الجو ، وتختلف كثافته حسب كثافة المركبات بالمدن ، كما يتطاير من البطاريات ومصانعها كميات كبيرة من هذا العنصر ، ويوجد في مياه الشرب ومعلبات المواد الغذائية . ومن أعراض التسمم بالرصاص الإسهال والإرهاق والأرق والعصبية وعدم انتظام وظيفة خلايا الدم ، الأمر الذي يؤدي إلى الهذيان والوفاة .

هـ – من المواد السامة المنتشرة كثيرا مادة الأسبستوس التي تستخدم في مجالات عديدة في حياتنا ، كتغليف أنابيب التدفئة لمنع تسرب الحرارة ، وتلصق على الجدران كعازل للصوت ، وفي تغليف المواد ليقيها من الحريق ، وتصنع منها صفائح تضعها ربات البيوت تحت المكواة . وبتأكُّل هذه المادة يسقط غبارها على الأرض ويتطاير في الهواء ويصل إلى الرئتين عن طريق التنفس فيحدث اضطرابات في الرئة سرعان ما تتحول إلى سرطان الرئة والقصبة الهوائية . وسرطان الرئة المتسبب عن استخدام الأسبستوس يصنف كأحد أمراض المهنة بين عمال المناجم التي يستخرج منها .

و – تعتبر الصناعات البتروكيميائية ومصافي البترول من أهم ملوثات البحار ؛ لأنها تحوي مركباتٍ تدوم طويلا في مياه البحار والمحيطات ، وأهم هذه المركبات الهيدروكربونات التي تشكل مع الزيت وثاني أكسيد الكربون طبقة عازلة تمنع الهواء والضوء عن الكائنات المائية النباتية ، فتتوقف عملية البناء الضوئي بها ، كما تسمِّم الكائناتِ البحرية الحيوانية ، ولا يغيب عن الذهن أن كثيرا من الكائنات البحرية تعتبر غذاءً لكائنات وطيور أخرى وهذه الكائنات تتأثر بنضوب غذائها نتيجة هذا التسمم . ذلك فضلا عن أن الهيدروكربونات تذيب المواد الدهنية بالطيور البحرية فيفقد ريشها صفته العازلة فتموت الطيور نتيجة البرد . وبالطبع فإن ملوثات المياه تنتقل إلى الإنسان فتسبب له كثيرا من الأضرار .

٤ – المضادات الحيوية التي يتعاطاها الإنسان لعلاجه من كثير من الأمراض الميكروبية ، والتي أحدث اكتشافها بوساطة فلمنج سنة ١٩٢٩م ثورة في عالم الطب ؛ إذ ساعدت في مكافحة أمراض كثيرة ناتجة عن الجراثيم . هذه المواد ثبت أخيرا أن لكثير منها تأثيرا سلبيا ، وخاصة على تكوين الجنين لذلك تمنع المرأة الحامل من تناول هذه المركبات بل ومن تناول أي دواء دون استشارة الطبيب . وما يقال عن هذه المركبات يقال أيضا عن مواد أخرى كثيرة من الأدوية والفيتامينات والهرمونات يجب على الإنسان ترشيد استهلاكه منها حتى يقلل من الأضرار الناتجة عنها . ومن الأمثلة المشهورة على أخطار الأدوية أنه في بداية الستينات الميلادية اكتشف أحد علماء ألمانيا الغربية عقار الثاليدوميد لعلاج القيء أثناء فترة الحمل وانتشر استعماله بين الحوامل خلال تلك الفترة ، ولكن ظهرت لاستعماله نتائج مؤسفة للغاية ، فقد أدى إلى ولادة آلاف الأطفال المشوهين والمعوقين معظمهم بدون أطراف يعرفون بأطفال الثاليدوميد .

ومن المعروف أن كثيرًا من الملوثات تذهب إلى الأنهار والآبار والبحيرات والمحيطات ، وبذلك تهدد الكائنات التي تعيش في الماء وتنتقل منها إلى النباتات والحيوانات غير المائية والإنسان . وتلوث الماء يبدأ في الجو حيث تختلط السحب التي يسقط منها المطر بالغازات السامة والإشعاعات الذرية والغبار . وتمثل مياه المصانع وفضلاتها ٦٠٪ من ملوثات الماء . كما تشكل مصافي البترول ومخلفات

السفن وناقلات البترول من زيوت ومواد محترقة مصدرًا رئيسًا لتلوث المياه . ومن مصادر تلوث المياه ، المنظفات الصناعية التي تتسرب إلى المياه الجوفية ، كما أن استعمال المبيدات والأسمدة الكيميائية يسبب تلوث التربة وتنتقل أيضا إلى المياه الجوفية . والأمثلة على تلوث المياه كثيرة ، وعلى سبيل المثال فإن المواد التي تقذف في نهر الراين شهريا ٢٠ طنًّا من الزرنيخ و ٢٠ طنًّا من الكادميوم و ١٠ أطنان من الزئبق و ٩ أطنان من المبيدات .

ومن الأمثلة على أخطار تلوث المياه أن نهر الراين كان مصدرا هاما للأسماك ولكنه تحول إلى نهر ميت لاتعيش به الأسماك ولاتصلح مياهه للشرب . وفي إيطاليا توقفت الحياة المائية في بحيراتها الشمالية . وفي أمريكا قذفت مصانع البلاستيك ١٠٠٠ طن من الزئبق الذي يستعمل في صناعة البلاستيك وفي صناعة المبيدات الفطرية والعشبية في بحيرة ميتشجان فقضت على الأحياء بها . وتقدر الفترة اللازمة لهذه البحيرة لاستعادة حياتها الطبيعية خمسمائة سنة شريطة وقف إلقاء السموم في مياهها . والدليل على خطورة الزئبق أن علماء اليابان وجدوا أن عشرين طفلا ولدوا مشوهين بسبب تناول أمهاتهم السمك المحتوي على الزئبق ، والمؤلم أن هذه التشوهات تنتقل بالوراثة .

حماية البيئة من التلوث

أدرك الإنسان أخيرا أن تلوث البيئة أمر خطير وأنه مسؤولية كل إنسان على ظهر الأرض . ويعتقد كثير من المهتمين بالبيئة أن بالإمكان المحافظة عليها ومنع تلوثها ، وذلك بالعمل المخلص الجاد وتضافر الجهود وأن هذا الأمر يستلزم انضباطًا وتنظيمًا وتشريعًا وتمويلا .

وقد بدأ علماء البيئة الاهتمام بمشكلة التلوث منذ ما يقرب من عشرين عاما ، حيث اجتمع ٢٢٠٠ عالم من المهتمين بالبيئة في فرنسا سنة ١٩٧١م وتمخض مؤتمرهم عن رسالة بعثوا بها إلى السكرتير العام للأمم المتحدة نبهوا فيها إلى ضخامة الأخطار التي تهدد البيئة ومكوناتها وإلى الآلام المخيفة التي تهدد البشرية نتيجة سوء استغلال الإنسان لموارد البيئة والتعدي المستمر عليها وتلويثها . كما أوضح العلماء في رسالتهم أن الأرض وسكانها على مفترق خطر ، وأن المشاكل سوف تزداد إذا توانينا عن حلها ، وأنه من المؤكد أن الأبحاث التي تتناول حياة الإنسان وبيئته تفوق في أهميتها أبحاث الذرة والفضاء ويجب تعهدها دون إبطاء وبوعي كامل نظرا لأهميتها الملحة ، وأنه على الدول الصناعية تولي الأبحاث والإنفاق عليها لإيجاد السبل التي تمكن الإنسان من حماية البيئة نظرا لإمكاناتها المادية ولأنها تعتبر المسؤولة عن انتشار التلوث ، على أن يقوم بهذه الأبحاث علماء مؤهلون في بلادهم ويعملون بحرية بعيدا عن القيود والضغوط التي تفرضها السياسات القومية .

وقد أشرفت منظمة الأمم المتحدة على مؤتمر لمناقشة مشكلات البيئة ، عقد في ستوكهولم عاصمة السويد بين الخامس والسادس عشر من يونيو سنة **١٩٧٢**م حضره ١٠٠٠ عالم من **١١٣** دولة ، وصدر عن هذا المؤتمر كتاب بعنوان «ليس لنا إلا الأرض» اشترك في تأليفه **٢٢** عالمًا متخصصًا ، ومن توصيات مؤتمر ستوكهولم أن الإنسانية كل لايتجزأ وأن الأهمية الأولى في الوقت الراهن يجب أن تكون لحماية البيئة وتحسينها وضرورة إيجاد سياسة عالمية لها والتخطيط لعمل عالمي في هذا المجال وإيجاد مؤسسات متخصصة تهتم بالبيئة ضمن نطاق الأمم المتحدة . وبعد هذا المؤتمر قامت الأمم المتحدة بنشاطات متعددة في مجال حماية البيئة في أنحاء العالم وتكونت مؤسسات وهيئات بيئية في بلاد كثيرة من العالم . وفي أكتوبر سنة **١٩٧٢**م صدرت عن المسؤولين عن حماية البيئة في الدول الأعضاء بالسوق الأوربية مذكرة تدعو إلى الاهتمام بالبيئة عن طريق اتباع السبل التالية :

١ – تجنب أي استثمار لموارد الوسط الطبيعي يكون مضرًّا بالبيئة .

٢ – تجنب التلوث قبل وقوعه .

٣ – تحسين المعرفة البيئية في الدول الأعضاء .

٤ – أخذ المحافظة على البيئة – عند دراسة مشاريع التنمية – في الاعتبار .

٥ – التنبيه إلى أن تدهور البيئة في بلد يهدد البيئة في بلاد أخرى .

وقد تتابعت المؤتمرات التي تنظمها الأمم المتحدة منذ عام **١٩٧٢**م بشأن الاهتمام بالبيئة وصيانتها وحمايتها من التلوث . وأجريت دراسات كثيرة من أجل الكشف عن الملوثات البيئية وسبل التخلص منها . كما ازداد الاهتمام العالمي والمحلي بمشاكل البيئة ، وتم اتخاذ كثير من الإجراءات التي تهدف إلى وقف تلوث البيئة في كثير من الدول والتجمعات الإقليمية ، والعمل على تقليل مستوى التلوث المرتفع في بعض المناطق . ويمكن تلخيص سبل حماية البيئة من التلوث فيما يلي :

١ – عدم استعمال المبيدات التي لا تتحول في الطبيعة إلى مواد غير سامة ، والتي ثبتت مقدرتها على إحداث أضرار بالنباتات والحيوانات والإنسان ، والتي تولدت لدى الآفات مناعة لها . وتشديد الرقابة على استيراد المبيدات وبيعها مع ضرورة ذكر تركيز كل مبيد وخصائصه واتخاذ إجراءات رادعة ضد المخالفين . كما يجب تنظيم استعمال المبيدات من قبل خبراء مدرَّبين وتدريب فنيين اختصاصيين في رش المبيدات . ودراسة الحالات الموجبة للرش والتمسك بالاحتياطات الوقائية عند رش المبيدات . كذلك يجب التشجيع والدعم للأبحاث التي تتناول أثر المبيدات على الكائنات الحية وعلى المبيدات التي تتبقى في المواد الغذائية كالخضر والفاكهة وتحديد ما إذا كانت الكمية المتبقية في هذه المواد تزيد عن الحد المسموح به .

٢ – توعية الجمهور بالمواد السامة التي يستخدمها في حياته اليومية ، ومنع استخدام العناصر السامة كالرصاص والزئبق والزرنيخ في الصناعات الاستهلاكية ، وإيجاد بدائل لها ومعاقبة المخالفين

مع إلزامهم بدفع تعويضات كبيرة للعمال المصابين من جراء عملهم في صناعات تستخدم فيها هذه المواد .

٣ – التشديد على المصانع القائمة بعدم تلويث المنطقة المحيطة بها وإلزامها بتركيب مرشحات تحجز الغازات والمواد الملوثة فلا تتصاعد من فوهات مداخنها ، وإلزام المخالفين بدفع غرامات كبيرة وعدم الترخيص بإقامة مصانع جديدة أو مناطق سكنية يوجد بها نظام بيئي منتج .

٤ – إيقاف التفجيرات النووية وترشيد استخدام المفاعلات الذرية كمصادر للطاقة نظرا لخطورتها الشديدة في حالة تسرب غبار ذري ، وعلى ذلك يجب التشديد على الاحتياطات الواجبة لتدارك حدوث مثل هذا التسرب .

٥ – تنظيم الطرق بالمدن وتقليل الكثافة المرورية للمركبات بها للحد من كمية المواد الضارة الناتجة عن احتراق الوقود بمحركات هذه المركبات كما يجب ترك مساحات خضراء بالمدن لتساعد على تجديد الأكسجين وتلطيف درجة الحرارة بها والإكثار من زراعة الأشجار في الطرق وإقامة حدائق عامة بالمدن . كما يجب الحرص على نظافة الطرق والشوارع والمنازل والأماكن العامة وتنمية الوعي البيئي والصحي لدى العامة والمراقبة الدائمة للماء والهواء في المناطق السكنية والصناعية .

٦ – التقليل من تناول الأغذية المحفوظة وتناول الغذاء الطازج بعد غسله جيدا بالماء الجاري . وترشيد استخدام الدواء وقصر تناوله على الحالات الضرورية بعد استشارة الطبيب . كذلك يجب التقليل من استعمال المنظفات الصناعية التي لاتتحلل إلى مواد غير سامة ، وعدم إلقاء مخلفات التنظيف في مياه الصرف .

٧ – العودة إلى المكافحة البيولوجية للآفات . المقصود بالمكافحة البيولوجية مكافحة الآفات والقضاء عليها بالأعداء الطبيعية من الكائنات التي تتغذى عليها . ومن الضروري الآن العودة إلى اعتماد هذه المفترسات الطبيعية ؛ نظرا لأن المبيدات الكيميائية – فضلا عما تسببه من أضرار للإنسان والبيئة – أصبحت سلاحا متخلفا نظرا للمناعة التي تولدت لدى الآفات ضدها .

والواقع أن مواجهة الآفات اتخذت صورا متعددة ابتداء بخيال المآتة وإصدار أصوات مزعجة بالحقول ، والنقاوة اليدوية وحفر الخنادق وإشعال النيران بها حتى ظهرت المبيدات الكيميائية والتي بدت عند ظهورها كسلاح فتاك ضد الآفات ولكن الآفات استطاعت تكوين مناعة ضدها وحققت انتصارا كبيرا في أخطر جولات الحرب بينها وبين الإنسان . وقد أيقن الإنسان أخيرا أن الآفات تكتشف السلاح المضاد حتى اضطر العلماء إلى التسليم بأن المزيد من جرعات المبيد الكيميائية يقتل الكائنات المفيدة ويتسبب في تدهور البيئة التي يعيش بها . عندئذ ارتفعت الأصوات تحذر من استعمال المزيد من المبيدات الكيميائية وتطالب بإيجاد أسلحة بديلة . وظهرت عشرات البدائل منها

تحديد نسل الآفات أو إصابتها بالعقم عن طريق مواد كيميائية تماثل ماتطلقها الحشرات عند نداء الجنس واستخدام البكتريا والفيروسات ضد الآفات .

وحديثا ظهرت بعض الاكتشافات الحديثة التي دفعت بعض العلماء إلى طريق جديد يمكن أن نطلق عليه استخدام المبيدات الطبيعية النابعة من قدرة جهاز المناعة عند بعض النباتات على مقاومة الحشرات الضارة ، ومن ذلك نذكر الأمثلة التالية :

أ – وجد أن نبات الثوم يمنع غزو حشرات التعفن ، ونبات إبرة الراعي يمنع الخنافس اليابانية عن زراعات العنب ، كما وجد أن بعض نباتات الفصيلة الخيمية كالكزبرة والبقدونس تردع كثيرًا من الحشرات ، كما أن زهور الأقحوان الأصفر سامة لكثير من الحشرات والحشائش الضارة . وهذه النباتات تسمى النباتات الرادعة ويمكن زراعتها كسياج حاجز للحشرات .

ب – يمكن استخدام بعض الحشرات المفترسة للآفات للقضاء على هذه الآفات ؛ فمن المعروف أن الكثير من الحشرات لها أعداء طبيعية تتغذى عليها ، وعلى سبيل المثال فإن حشرة الدعسوقة تتغذى على حشرة الكونشنيل التي تغزو أشجار الموالح وتتلفها .

٨ – إيجاد وعي بيئي لدى العامة ، وذلك بإظهار مساوي العادات الضارة بالبيئة وفوائد عادات أخرى مفيدة لها ، والعمل على إكسابها للجمهور حتى تصير عادة لديه ويمكن إيجاد هذا الوعي باتباع الوسائل التالية :

أ – توجيه الشباب نحو الاهتمام بالبيئة وتحميلهم معنويا مسؤولية الحفاظ عليها . وذلك بإشراكهم في زراعة الحدائق والغابات والعناية بها ، وتنظيم دورات وندوات وإصدار نشرات عن البيئة وسبل المحافظة عليها .

ب – إيجاد روابط وهيئات ومؤسسات للاهتمام بالبيئة وحمايتها من بين المثقفين والقياديين في مختلف المجالات تهتم بالتوجيه والتوعية والتأليف ، ويعطي المنتسبون إلى مثل هذه التجمعات المثلَ الأعلى في تصرفاتهم ونشاطاتهم نحو البيئة . وإعطاء المشورة وإجراء الدراسات على مشروعات التنمية قبل إنشائها ، بحيث لايكون لها آثار ضارة بالبيئة مع إلزام المسؤولين بطلب هذه التجمعات عند تنفيذ المشروعات .

جـ – الاهتمام بالكتب والدراسات البيئية وتشجيع البحث والتأليف والترجمة في هذا المجال ، وكذلك دعم الجامعات والمؤسسات العلمية في هذا المجال .

د – الاهتمام الإعلامي بالبيئة لما لوسائل الإعلام من تأثير قوي على التوجيه والإرشاد وتكوين الرأي العام . ويجب على وسائل الإعلام تبني قضية حماية البيئة وإكساب المجتمع العاداتِ المفيدةَ للبيئة .



الفصل الثالث

التصحر

Desertification

■ أنواع التصحر ■ مكافحة التصحر .

أنواع التصحر

التصحر هو تناقص قدرة الإنتاج البيولوجي للأرض أو تدهوره تحت وطأة الظروف البيئية الصعبة والمتقلبة ، وسوء الاستغلال البشري للموارد الطبيعية . تعد ظاهرة التصحر من المشاكل الرئيسة والتي تهدد جزءًا كبيرًا من سكان المناطق الجافة وشبه الجافة في جميع أرجاء العالم . ويدل التصحر على أن الأنشطة الإنسانية غير مناسبة في درجتها أو نوعيتها كما يدل أيضا على نقص في المعرفة أو الخبرة البيئية أو الطرق البديلة لاستغلال الموارد ، أو إلى السعي إلى تكثيف المكاسب القصيرة الأجل على حساب الإنتاجية في المدى الطويل . والحلول لظاهرة التصحر تكمن أولا في مسح الموارد البيئية وتقييم طاقتها وإمكاناتها ، وثانيا في تحديد الاستخدامات على أساس إمكانات هذه الموارد أي أنْ يكون الاستخدام متوافقا مع الإمكانيات ، وثالثا في توقع التقلبات في العوامل البيئية والاحتياط لها حتى يكون لها أقل الأثر على الموارد الطبيعية .

ومشكلة التصحر ليست مستحدثة في تاريخ الإنسان ، فقد كان التصحر أحد العوامل الكبرى في تدمير الحضارات الإنسانية في أزمنة سالفة . ونذكر على سبيل المثال أن تراكم الأملاح في بلاد

السومريين والبابليين وجفاف الأرض المتزايد في بلاد الهارابيين كانت أهم العوامل التي تسببت في تدمير الأساس الزراعي في تلك البلاد . كما نذكر أيضا أن المناطق الساحلية الأفريقية على البحر الأبيض المتوسط كانت أكثر إنتاجا في العصر الروماني مما هي عليه الآن . ويقدر الخبراء أن مساحة الأرض المنتجة التي فقدها الإنسان نتيجة التغير البيئي للأرض المنتجة إلى بيئة صحراوية مساوية لمساحة الأرض التي بقيت الآن لإنتاج المحاصيل والمراعي . وهناك اعتقاد بين الخبراء بأن معدلات فقد الأراضي أو نقص إنتاجيتها بسبب التصحر يزداد بمرور الوقت في السنوات الأخيرة ، ووصل إلى معدلات تقدر بخمسين ألف كيلو متر مربع في السنة وأن مساحة الأرض التي يهددها التصحر حاليا تبلغ ٣٠ مليون كيلو متر مربع . وهذه الأرقام بالغة الأهمية في عالم تهدده مخاطر نقص الغذاء .

والجفاف الأخير الذي أصاب منطقة الساحل بأفريقية مثال حي لظاهرة التصحر وقد توالى الجفاف على عدد من البلاد الأفريقية على فترتين، الأولى في نهاية الستينات وبداية السبعينيات وبداية الثمانينيات الميلادية . ففي سنة ١٩٧٣م ، وهي السنة الخامسة على التوالي للجفاف الذي حدث في عدة بلاد أفريقية ، انخفضت معدلات الأمطار بدرجة كبيرة عن معدلاتها الطبيعية ، وترتب على ذلك أن انحسرت بحيرة تشاد إلى ثلث مساحتها العادية ، ولم تفض أنهار النيجر والسنغال فتوقف بذلك إنتاج المحاصيل في أراضي خمس دول هي النيجر ومالي وفولتا العليا والسنغال وموريتانيا وبقيت أراضي هذه الدول تكتنفها شقوق الجفاف وانخفض منسوب الماء الأرضي فجفت الآبار الضحلة في مناطق من الساحل بلغت مساحتها خمسة ملايين كيلو متر مربع . وخلال الموجة الثانية من الجفاف التي اجتاحت مناطق أفريقية أيضا في تشاد وإثيوبيا والسودان منذ نهاية السبعينات وحتى سنة ١٩٨٥م لم تسقط الأمطار خلال خمس سنوات وجفت الآبار وماتت النباتات فلم تنمُ نباتات المحاصيل ، وداهم الخطر الرعاة فباعوا قطعان الماشية الجائعة أو ذبحوها أو دفعوا بها إلى الشرق والجنوب في محاولة يائسة للبحث عن المراعي مخلفين وراءهم أراضي جرداء ظهرت في الأقمار الصناعية وكأن الصحراء الكبرى تمتد نحو الجنوب والشرق . وقدرت الخسائر في الأرواح نتيجة الجفاف الأفريقي بنحو مليون نسمة وبلغ الفقد في قطعان الماشية وهي المصدر الرئيس للثروة في تلك البلاد درجة كبيرة قدرت بما يصل إلى ٩٠٪ في مالي .

وليس الجفاف نتيجة عدم سقوط الأمطار هو السبب الوحيد للتصحر بل إن التصحر يرجع إلى مجموعة من الأسباب الأخرى يعود معظمها إلى عدم معرفة الإنسان الكافية بتنمية الموارد الطبيعية وسوء استغلالها أو الرغبة في المكسب السريع وتنفيذ مشروعات يكون نتيجتها آثار سيئة تؤدي إلى نقص مقدرة الإنتاجية للنظام البيئي ، أي حدوث التصحر . ويمكن التعرف على أنواع التصحر التالية في أنظمة بيئية متعددة .

١ - التصحر بمناطق الرعي الطبيعية

أراضي المراعي الطبيعية تغطي مساحات واسعة في دول كثيرة . والإنسان (وحيواناته المستأنسة) يعتبر المسؤول الأول – وليس المناخ – عن التدهور في طبيعة الغطاء النباتي ، ويعود ذلك إلى كثافة الرعي المرتفعة ، الأمر الذي يؤدي إلى انقراض الأعشاب الرعوية ونمو نباتات غير مستساغة وليس لها قيمة غذائية بالنسبة لحيوانات الرعي . وبالطبع فإن انقراض النباتات يزيد من تصحر الأرض ، حيث تصبح معرضة للشمس والرياح فيزيد ذلك من إمكانية انجراف الطبقة العلوية الخصبة من التربة بمياه الأمطار والرياح ، وبهذا تصبح مناطق الرعي ضعيفة الإنتاجية وهذا مدلول التصحر .

٢ - التصحر الناتج عن الزراعات الجافة في مناطق الأعشاب

في مناطق الأعشاب المروية التي لا يزيد فيها معدل المطر السنوي عن ٢٥٠ مم يكون أخطر ما يؤدي إلى التصحر هو الزراعة الجافة ، أي زراعة بعض محاصيل الحبوب كالشعير والقمح على مياه الأمطار . ويترتب على ذلك إزالة الأعشاب لإعطاء فرصة نمو أفضل للمحصول . وعلى الرغم من أن هذا النوع من الزراعة قد يبدو لأول وهلة أنه وسيلة مقبولة للحصول على غذاء للإنسان، إلا أن نجاح هذا النوع من الزراعة والحصول على عائد مرضٍ لايحدث إلا في أحيان قليلة عندما تكون كمية الأمطار مناسبة لنمو محصول الحبوب ، كما أن إزالة الأعشاب يعمل على تفكك التربة وتعرضها للشمس وذلك يساعد عوامل التعرية على إزالة طبقات التربة الأكثر خصوبة، وبالتالي تقليل مقدرة التربة على الإنتاج . ومن الأفضل استغلال الأعشاب الطبيعية في الرعي أو الحصول على الألياف والمواد الكيميائية ذات الأهمية الاقتصادية بهذه النباتات .

٣ - التصحر في المناطق التي تروى بمياه الآبار

كثير من الآبار التي تحفر للحصول على مياه للزراعة غالبا ما تحتوي على قدر ملموس من الملوحة أو تكتسب قدرا منه بعد مدة من الاستعمال ، الأمر الذي يؤدى إلى زيادة ملوحة التربة بعد فترة زمنية لاتزيد عن عدة سنوات . وفي المناطق التي تزرع باستخدام مياه مثل هذه الآبار لاتضعف إنتاجية الأرض فقط بالنسبة للمحاصيل التي تزرع بل تتسبب ملوحة التربة في عدم نمو النباتات الطبيعية التي كانت تنمو في المناطق المروية بمياه الآبار . وتنمو محلها نباتات ذات خصائص مختلفة تكون ذات مقدرة على النمو في التربة الملحية ، وهذه النباتات ليس لها قيمة اقتصادية كالنباتات التي كانت تنمو أصلا في الأماكن التي رويت بمياه الآبار . وذلك بالطبع ما نعنيه بالتصحر .

٤ – التصحر في الأراضي المستصلحة نتيجة عدم وجود الصرف والإسراف في استخدام الأسمدة الكيميائية

تعاني معظم الأراضي الصحراوية الحديثة الاستصلاح من سوء صرف المياه التي تتجمع على مقربة من سطح التربة . هذا الصرف السيئ غالبا ما يصاحبه إسراف في استعمال الأسمدة الكيميائية . ويؤدي ذلك إلى رفع ملوحة التربة نتيجة لسوء صرف المياه وتركم الأملاح وذلك يضعف إنتاجية التربة .

٥ – التصحر نتيجة زراعة الأراضي بأنواع نباتية غير مناسبة

توجد بعض النباتات التي لها قدرة كبيرة على تنظيم محتواها من الأملاح ، وهذه النباتات تصلح زراعتها في المناطق المستصلحة حديثا ، ومن هذه النباتات الأثل Tamarix . وعند زراعة هذه النباتات في المناطق المستصلحة حديثا يزداد حجمها وتصبح شجيرات كبيرة تغطي الأرض فتمنع نمو الأعشاب بها. كما أنها تفرز الأملاح الزائدة عن طريق غدد خاصة ، الأمر الذي يزيد ملوحة التربة فلا تنمو بها إلا أنواع نباتية مقاومة للملوحة . وأغلب النباتات التي تنمو في المناطق ذات التربة الملحية تكون قليلة القيمة الاقتصادية ، وبذلك فإن مقدرة الأرض على إنتاج نباتات ذات أهمية اقتصادية تتدهور وهذا أيضا نوع من التصحر .

مكافحة التصحر

التصحر مشكلة بيئية اقتصادية اجتماعية سببها تناقص إنتاجية النظم البيئية ، ومن ثم فإن مكافحة التصحر تستلزم العمل على استمرارية عطاء موارد البيئة . ولاشك أن ذلك يستوجب تخطيطا سليما لاتنفصل فيه مشروعات التنمية الاقتصادية عن إجراءات مكافحة التصحر ، وحيث إن التصحر مشكلة تهدد كثيرًا من البلدان في العالم فمن الواجب تضافر الجهود الدولية من أجل مكافحة التصحر ، ومن سبل مكافحة التصحر نذكر ما يلي :

١ – دراسة النظم البيئية القائمة من أجل تقويم قدرتها الإنتاجية وما تقدمه للإنسان ، وأخذ ذلك في الاعتبار عند تنفيذ مشروعات التنمية الكبيرة حتى لايختل النظام البيئي ، ويتطلب ذلك إعداد الكوادر العلمية القادرة على مكافحة التصحر ، وتوفير الدعم المادي اللازم لمشروعات التصحر مع ضرورة تحمل الدول الغنية المتقدمة دورا رئيسا في مواجهة التصحر في بلدان العالم المختلفة .

٢ – لما كانت الظروف المناخية تؤدي دورا رئيسا في الحفاظ على التوازن البيئي ، فإن هذا

الأمر يقتضي دراسة الظروف المناخية بأساليب تقنية حديثة وكوادر مدربة من أجل التحسب للتصحر الناتج عن التغييرات المناخية . كما أن مواجهة التصحر تستلزم توفير مخزون احتياطي من الغذاء للحيوان والإنسان خشية حدوث تغيرات مناخية .

٣ – الاهتمام بزراعة نباتات ذات قيمة غذائية واقتصادية عالية بكميات تسمح بتكوين مخزون إضافي منها والعمل على استنباط سلالات جديدة عالية الإنتاجية .

٤ – إنشاء شبكة طرق حديثة وطرق اتصال متقدمة بما يكفل مرونة الحركة وتقديم الاحتياطات الضرورية للسكان في المناطق التي تتعرض للجفاف .

٥ – ضبط استخدام مياه الزراعة بالري وإعادة النظر في أساليب الري بالغمر المتبعة في كثير من بلدان العالم ، حيث إن الري بالغمر ينتج عنه فاقد كبير من المياه ، وذلك يعتبر إسرافا وسوء استغلال لأحد موارد البيئة الأساسية اللازمة لاستمرار الحياة على الأرض . كما أن الري بالغمر يسبب زيادة الأملاح بالتربة وسوء تهويتها . وعلى ذلك يكون من الضروري اتباع أساليب الري الحديثة مثل الري بالرش أو التنقيط وهذا أسلوب اقتصادي في استهلاك المياه ، وأيضا يناسب الزراعة في التربة غير المستوية . ويستلزم ذلك بالطبع تقنين احتياجات الأنواع النباتية المختلفة من المياه في ضوء طبيعة التربة .

٦ – الاهتمام بإقامة السدود لتخزين مياه الأمطار ومنع انسياب مياه الأمطار إلى البحار واستخدامها في الزراعة بالأساليب الحديثة طول العام .



المراجع

أولا : المراجع العربية

الرشيد ، أحمد (١٩٨١) علم البيئة «مدخل عام» ، معهد الإنماء العربي/فرع لبنان .

الشيخ ، عبدالله محمد والبسيوني ، سعيد زغلول (١٩٨٦) **مقدمة في علم الأحياء للكليات المتوسطة** ، وزارة المعارف – المملكة العربية السعودية .

عمارة ، مصطفى محمود ، الحسيني ، محمد محمد وحنوت ، إسماعيل بسيوني (١٩٨٦) : **مدخل علوم البيئة – الجزء الأول – الإنسان والبيئة** ، مطابع شركة الاعلانات المصرية بتكليف من الأزهر الشريف ، القاهرة ، جمهورية مصر العربية .

العودات ، محمد (١٩٧٩) تلوث البيئة ، مكتبة ميلسون – لبنان .

الغنيمي ، علي (١٩٧٨) **محاضرات في علم البيئة النباتية والفلورا** ، منشأة الجامعة ، طنطا ، جمهورية مصر العربية .

مجاهد ، محمد أحمد ، العودات ، محمد عبدو ، عبدالله ، عبدالسلام محمود ، الشيخ ، عبدالله محمد وباصهي ، عبد الله بن يحيى (١٩٨٧) علم البيئة النباتية ، عمادة شئون المكتبات ، جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية .

ثانيا : المراجع الأجنبية

Crawley, M.J.,ed. (1986) *Plant Ecology*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, London.

Etherington, J.R. (1978) *Plant Physiological Ecology*, Edward Arnold, London.

Greig-Smith, P. (1983) *Quantitative Plant Ecology, 3rd* Ed. (*Studies in Ecology* **Volume 9**), Blackwell Scientific Publications, Oxford, London.

Kershaw, K.A. and **Looney, J.H.H.** (1985) *Quantitative and Dynamic Plant Ecology, 3rd* Ed., Edward Arnold, London.

Larcher, W. (1980) *Physiological Plant Ecology*, Springer-Verlag, Berlin.

Remmert, H. (1980) *Ecology*, Springer-Verlag, Berlin.

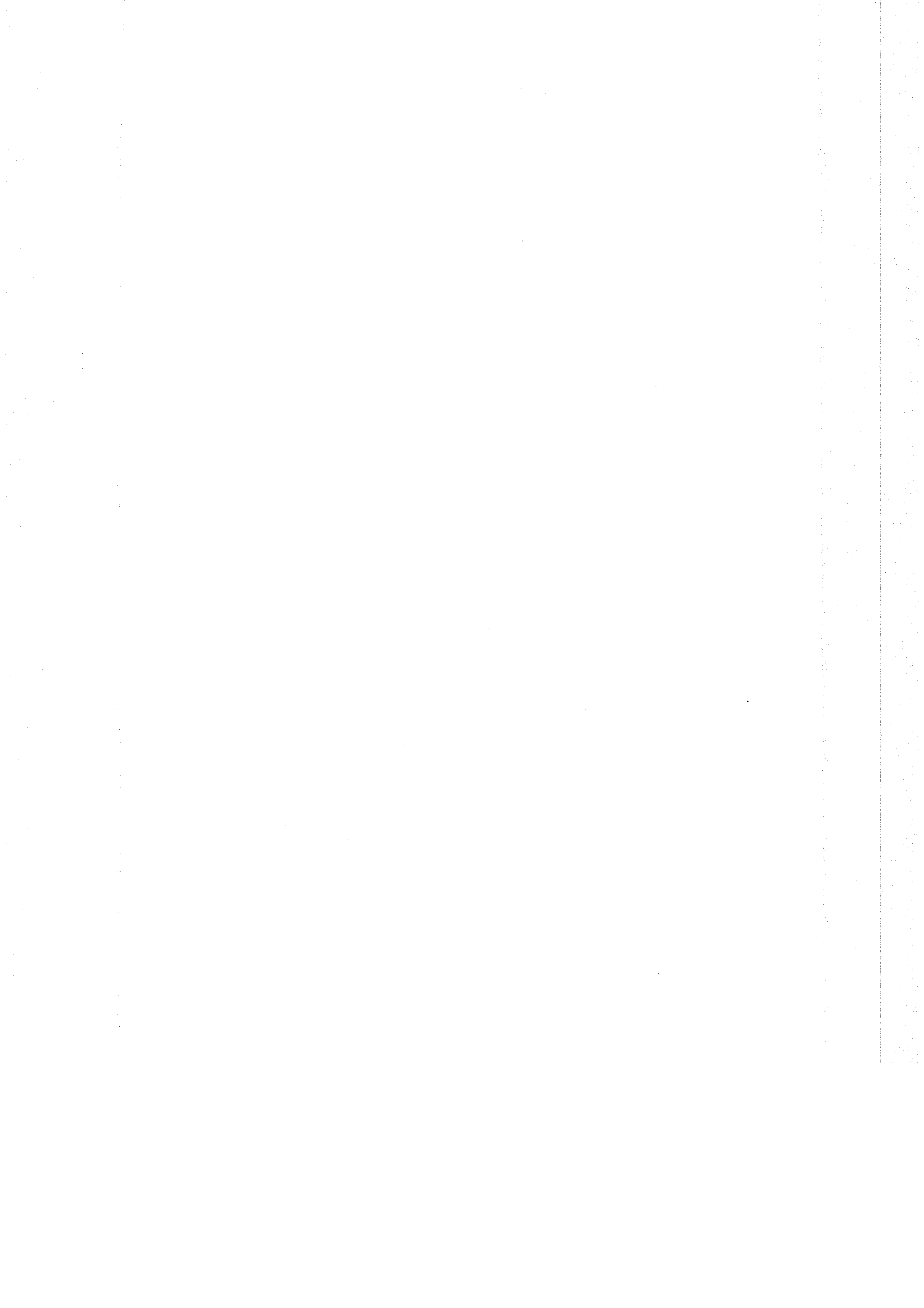
Stern, A.C. (1968) *Air Pollution*, Academic Press, New York.

Willis, A.J. (1973) *Introduction to Plant Ecology*, George Allen and Unwin Ltd., London.



الملاحق

■ ثبت المصطلحات ■ الكشاف .



ثبت المصطلحات

■ عربى / إنجليزى ■ إنجليزى / عربى .

عربى - إنجليزى

- أ -

عربى	English
آكلات العشب	Herbivores
آكلات اللحوم	Carnivores
آلية تنظيم الجهاز الثغري	Mechanism of stomatal regulation
أبسنتين	Absintin
أبواغ	Spores
إجهاد حرارى	Temperature stress
احتمالية	Probabilism
اختزال	Reduction
أراض رملية	Sandy soil
أراض طمى رملية	Sandy loamy soil
أراض طمى طينية	Clay loamy soil
أراض طينية	Clay soil
ارتباع	Vernalization
ارتفاع	Elevation
ارتفاع (عن سطح البحر)	Altitude
أرض الحشائش	Grassland
أزوتو باكتر (بكتريا تثبت النيتروجين)	Azotobacter
استاتى	Static
أسل	*Juncus*
إشعاعات حرارية	Heat radiation
إشعاع أرضى	Terrestial rediation
أشعة فوت البنفسجية	Ultraviolet light
أشن	Lichens
أشن شجيرية	Fruticose lichens

أشن قشرية	Crustose lichens
أشن ورقية	Foliose lichens
أعشاب	Herbs
اكسوسفير	Exosphere
أكسجين	Oxygen
إلرديا	*Elodea*
أليلية	Allelopathy
امتصاص	Absorption
إنتاج	Production
إنتاج سنوى صافى	Annual net production
إنتاجية	Productivity
إنتاجية أولية	Gross primary production
انتحاء ضوئى	Phototropism
انتقال عبر الالتصاق بجسم الحيوان	Epizoochores
انتقال عبر الجهاز الهضمى للحيوان	Endozoochores
انحدار	Siope
انطباع (مظهر)	Aspection
انطباع ربيعى مبكر	Prevernal aspect
انطباع (مظهر) صيفي	Aestival aspect
انطباع (مظهر) صيفى متأخر	Serotonial aspect
انعكاس	Reflection
أنماط بيئية	Ecotypes
أنهار جليدية (مجمدات)	Glciers
أنواع مميزة	Characteristic species
أنواع نباتية وعائية	Vascular plant species
أهرام بيئية	Ecological pyramids
أهرام عددية	Pyramids of numbers
أهرام الكتلة الحية	Pyramids of biomass
أولى	Primary
أيونوسفير	Ionosphere

- ب -

برسيم	*Medicago*
برومس كاثرتيكس	*Bromus catharticus*
برى	Abrasion
بسلة الزهور	*Lathyrus*
بشنين (نبات)	*Nymphaea*
بكتريا	Bacteria
بلوط (نبات)	*Quercus*
بناء ضوئى	Photosynthesis
بوا (نبات)	*Poa*
بوط (نبات)	*Typha*
بوليتريكم (نبات)	*Polytrichum*
بوليجونم (نبات)	*Polygonum*
بيئة اجتماعية	Synecology
بيئة اجتماعية (بيئة التجمع)	Population ecology
بيئة بحرية	Marine habitat
بيئة حيوان	Animal ecology
بيئة ذاتية	Autoecology
بيئة مائية	Aquatic habitat
بيئة المجتمع	Community ecology

بيئة المياه العذبة	Fresh water habitat
بيئة نباتية	Plant ecology
بيئة النظام البيئى	Ecosystem ecology
بيئة النوع	Species ecology
بيولوجيا جزيئية	Molecular biology

- ت -

تأثيرات بيولوجية	Biological effects
تأقلم (تواؤم)	Tolerance
تأكسد (أكسدة)	Oxidation
تبادل الغاز	Gas exchange
تثبيت النيتروجين	Nitrogen fixation
تجفيف	Dessication
تجمع	Population
تجنب	Avoidance
تجوية	Weathering
تحات فيزيائي	Physical erosion
تحات كيميائى	Chemical erosion
تحلل مائى	Hydrolysis
تحليلى	Analytical
تحمل الظل	Shade tolerance
تربة (أراض)	Soil
تربة ثابتة	Residual soil
تربة صفراء	Loamy soil
تربة مترسبة عن طريق الثلوج	Glacial
تربة مترسبة عن طريق الجاذبية	Colluvial
تربة مترسبة عن طريق الرياح	Eolian
تربة منقولة	Transported soil
ترابط بين الأنواع	Interspecific association
تردد	Frequency
تركيب البلاستيدات الخضراء	Chloroplast structure
تركيب غذائى	Trophic structure
تركيبى	Synthetic
تشبع ضوئى	Light saturation
تشوه	Deformation
تصحر	Desertification
تضخم سكانى	Over population
تطفل	Parasitism
تطورى	Developmental
تعاقب	Succession
تعاقب أولى	Primary succession
تعاقب ثانوى	Secondary succession
تعاقب على صخر جاف	Lithosere
تعاقب فى بيئة مائية	Hlydrosere
تعاقب فى بيئة ملحية	Halosere
تعاقب فى منطقة رملية	Psammosere
تعاقب فى وسط جاف	Xerosere
تعرض	Exposure
تعرية (تآكل)	Erosion
تغيرات توجيهية	Directional changes
تغيرات غير توجيهية	Indirectional changes

تغير المجتمع	Community change
تفحم	Carbonation
تقايض (مبادلة)	Mutualism
تقلبات	Fluctuations
تكافل	Symbiosis
تكافلى	Symbiotic
تكسر	Breakage
تكوين التربة	Soil formation
تكوين نباتى	Florestic composition
تلقيح	Pollination
تلوث	Pollution
تميؤ	Hydration
تندرا	Tundra
تنفس	Respiration
تهوية التربة	Soil aeration
توازن الطاقة	Energy balance
تواقت حرارى	Thermoperiodism
تواقت ضوئى	Photoperiodism
تورتولا (نبات)	*Tortula*

- ث -

ثغور	Stomata
ثيرموسفير	Thermosphere

- ج -

جاذبية أرضية	Gravity
جفاف	Drought
جنى المحصول	Harvest
جهد مائى	Water poxential
جهنمية (نبات)	*Bougainvillea*

- ح -

حالة ثبات	Steady state
حامول (نبات)	*Cuscuta*
حرارة	Trempcrature
حركة دورانية للسيتوبلازم	Cytoplasmic streaming
حزاز أسود (نبات)	*Crimmia*
حزازيات	Mosses
حصى	Gravel
حور (نبات)	*Populus*
حولى	Annual
حوليات صحراوية	Desert ephemerals
حوليات نباتية	Therophytes
حيوان	Animal
حيوية	Vitality

- خ -

خصائص	Characteristics
خصائص تركيبية	Synthetic characteristics
خرائط فوتوغرافية	Photographic charts
خردل (نبات)	*Sinapis arvensis*
خريفي	Autumnal
خصوبة التربة	Soil fertility
خط عرض	Iatitude
خلايا حارسة	Guard cells

- د -

دبال	Humus
دبق (نبات)	*Viscum album*
دورة	Cycle
دورة بيوجيوكيميائية	Biogeochemical cycle
دورة سريان المواد	Cycling of materials
دورة العناصر	Nutrient cycling
دورة الكربون	Carbon cycle
دورة الماء	Hydrological cycle
دون حمراء	Infrared
دينامي	Dynamics

- ذ -

ذاتي التغذية	Autotroph
ذبول دائم	Permanent wilting

- ر -

رذاذ ملحي	Salt spray
رصيف قاري	Contenental sheft
رطوبة	Humidity
رطوبة مطلقة	Absolute humidity
رطوبة نسبية	Relative humidity
رعي	Grazing
ركام	Litter
رمل	Sand
رياح	Wind
ريزوبيم (نبات)	*Rhizobium*

- ز -

زان (نبات)	*Fagus*
زيزفون (نبات)	*Tilia*

- س -

سابحات	Nektons
سافانا	Savanna
ستراتوسفير	Stratosphere
سعد (نبات)	*Cyperus*
سعة التشبع	Saturation capacity
سعة حقلية	Field capacity
سعة مائية	Water holding capacity
سلسلة غذائية	Food chain
سلصريا كيلي (نبات)	*Salsola Kali*
سنط (سيال) (نبات)	*Acacia*
سهل قاعي	Abyssal plain
سيادة	Dominance
سيستوبس كانديدا	*Cystopus candida*

- ش -

شبكة الغذاء	Food web
شجيرات	Shrubs
شحوب كلوروفيلي	Etiolation
شيح مر (نبات)	*Artemisia absinthium*

- ص -

صحراء	Desert
الصخرة الأم	Parent rock
صفات كمية	Quantitative characters
صفات كيفية	Qualitative characters
صفصاف (نبات)	*Salix*
صنوبر (نبات)	*Pinus*

- ض -

ضريسة	*Tribulus terrestris*
ضعيف	Feeble
ضغط أسموزى	Osmatic pressure
ضوء مرئى	Visible light

- ط -

طبقة الأوزون	Ozone layer
طبقية	Stratification
طحالب	Algae
طرز الحياة	Life form
طريقة التصوير الفوتوغرافي	Photographic method
طريقة القطاع	Transect method
طريقة المربعات	Quadrat method
طفيل	Parasite
طمى	Silt
طور الغابة الذروى	Forest climax stage
طول الموجة	Wavelength
طيف بيولوجى	Biological spectrum
طين	Clay

- ظ -

ظاهرية (فينولوجيا)	Phenology

- ع -

عائل	Host
علاقات مائية	Water relationships
علم البيئة	Ecology
علم الخلية	Cytology
علم وظائف الأعضاء	Physiology
علوم بيئية	Environmental sciences
عنب (نبات)	*Vitis*
عوالق مائية	Phytoplanktons
عوامل أحيائية	Biotic factors
عوامل بيئية	Ecological factors
عوامل التربة	Edaphic factors
عوامل التضاريس	Physiograpic factors
عوامل محددة	Limiting factors
عوامل مناخية	Climatic factos

- غ -

غاب (نبات)	*Phragmites*
غابات استوائية مطيرة	Tropical rain forest
غابات متساقطة الأوراق	Deciduous forests
غابات معتدلة متساقطة الأوراق	Temperat deciduous forests
غذاء	Food
غطاء	Cover
غلاف جوى	Atmosphere
غلاف مائى	Hydrosphere
غير ذاتى التغذية	Heterotrophs
غير مستحبة الرعى	Unpalatable
غير مرئى	Unvisible

- ف -

فكسينيوم (نبات)	*Vaccinum myrtilis*
فانيلا (نبات)	*Vanilla*
فستوكا (نبات)	*Festuca*
فصل النمو	Growing seaeon

الفصيلة البقولية	Fabaceae
فصيلة حنك السبع	Scrophulariaceae
الفصيلة السحلبية	Orchidaceae
فطر صدأ القمح	*Puccinia graminis*
فطريات	Fungi
فطريات جذرية	*Mycorrhiza*
فوسفور	Phosphorous
فيرباسكم	*Verbascum*
فطريات جذرية خارجية	Extrophic mycorrhiza
فطريات جذرية داخلية	Endotrophic mycorrhiza
فوسفور	Phosphorous

- ق -

قاعيات	Benthos
قشرة أرضية	Pedosphere
قطاع	Transect
قطاع ثنائي	Bisect
قطاع حزامي	Belt transect
قطاع معزول	Fenced transect
قطف (نبات)	*Artiplex*
قوام التربة	Soil texture
قوة	Vigour
قوة تبخيرية	Evaporative power
قيقب (نبات)	*Acer*
قيمة الأهمية (القيمة الهامة)	Importance value

- ك -

كائنات ثابتة الحرارة	Homoetherms
كائنات دقيقة	Microorganisms
كائنات مترممة	Saprophytes
كائنات متغيرة الحرارة	Biokilotherms
كائنات مستهلكة	Consumers
كائن حي	Organism
كائن منتج	Producer
كاركس (نبات)	*Carex*
كاستاليا (نبات)	*Castalia*
كالامس (نبات)	*Calamus*
كافور (نبات)	*Eucalyptus*
كبريت	Sulpher
كتلة حية	Biomass
كثافة	Density
كربون	Carbon
كساء خضرى	Vegetation
كلوستريديم	*Chlosteridium*
كليماتس (نبات)	*Clematus*

- ل -

لسان البحر (نبات)	*Potamogeton*
لسان الحمل (نبات)	*Plantago*

- م -

ماء أرضى حر	Free water table
ماء التربة	Soil water
ماء الجاذبية	Gravitional water
ماء شعرى	Capillary water
ماء غير متاح	Non - available water
ماء متاح	Available water

ماء متحد	Combined water
ماء هيجروسكوبى	Hygroscopic water
مادة عضوية	Organic matter
مبيدات آفات	Pesticides
مجال بيئى	Ecological range
مجتمع (عشيرة)	Community
مجتمعات رائدة	Pioneer communities
مجتمع أحيائى	Biotic community
مجتمع الذروة	Climax community
مجتمع مستقر	Stable community
محتوى مائى للتربة	Soil water content
محصول قائم	Standing crop
محلل	Decomposer
محلول التربة	Soil solution
محيط حيوى	Biosphere
مران (نبات)	*Fraxinus*
مربع القائمة العددية	List count quadrat
مربع القطع والوزن	Cut and weight quadrat
مربع مرسوم	Chart quadrat
مربع مستديم	Permanent quadrat
مروج	Meadow grasses
مرور (عبور)	Transmission
مساحة صغرى	Minimal area
مساحة القاعدة	Basal area
مستنقعات قصبية	Swamp plants
مستوى غذائى	Trophic level
مسعر الاحتراق	Bomb colorimeter

مصادر طبيعية	Natural resources
مضادات حيوية	Antibiotics
مطر	Rain Fall
مطياف	Spectroscope
مظهر ربيعى	Vernal aspect
مظهر (انطباع) شتوى	Hibernal aspect
مظهر عام	Phenotypic form, Physiognomy
مظهر النمو	Growth form
معامل الذبول	Wilting coefficient
معايشة	Commensalism
معدل النشاط	Activity rate
معدل يومى	Daily rhythm
مقطع التربة	Soil profile
مكون حى	Biotic component
مكون غير حى	Abiotic component
مناخ دقيق (موضعى)	Microclimate
مناطق أحيائية	Biomes
مناطق التيجا	Taiga
منافسة	Competition
منشأ التربة	Soil origin
منطقة أوقيانوسية	Pelagic zone
مواد سامة	Toxic materials
موارد متجددة	Renewable resources
موارد غير متجددة	Non renewable resources
مواد مشعة	Radioactive materials
مواد معدنية	Mineral material
موجات كهرومغنطيسية	Electromagnetic waves

موسمية — Periodicity

موطن دقيق (بيئة موضعية) — Microhabitat

مياه جارية — Running water

ميزان طاقة سالب — Negative energy balance

ميزان طاقة موجب — Positive energy balance

ميزوسفير — Mesosphere

- ن -

نبات — Plant

نباتات أجزاؤها التجديدية تحت سطح الأرض — Geophytes

نباتات أجزاؤها التجديدية تحت الماء — Hydrophytes

نباتات أجزاؤها التجديدية ٢٥سم فوق سطح الأرض — Phanerophytes

نباتات أجزاؤها التجديدية عند سطح الأرض — Hemicryptophytes

نباتات تعيش داخل نباتات أخرى — Endophytes

نباتات عالقة — Epiphytes

نباتات جفافية — Xerophytes

نباتات دقيقة تعيش فى التربة — Phytoedaphon

نباتات ذات أجزاء تجديدية فوق سطح الأرض — Chamaephytes

نباتات طافية — Floating plants

نباتات عصارية — Succulent plants

نباتات متسلقة — Lianas

نباتات محبة لضوء الشمس — Heliophytes

نباتات محبة للظل — Sciophytes

نباتات مستديمة الخضرة — Evergreen plants

نباتات معمرة — Perennials

نباتات مغمورة — Submerged plants

نباتات موسمية — Ephemerals

نباتات النهار الطويل — Long day plants

نباتات النهار القصير — Short day plants

نباتات وسادية (مفترشة) — Cushion plants

نباتات وسطية — Mesophytes

نبنثيس (نبات) — *Nepenthes*

نتح — Transpiration

نخشوش الماء — *Ceratophyllum*

ندى — Dew

ندى داخلى — Internal dew

ندى خارجى — External dew

نزع الماء — Dehydration

نسق — Pattern

نطاقات قطبية — Polar belts

نطاق بارد — Cold belt

نطاق شبه مدارى — Subtropical belt

نطاق مدارى — Tropical belt

نطاق معتدل — Temperate belt

نظام بيئى — Ecosystem

نظرية الإمكانية (إمكانية) — Possibilism

نظرية الحتمية — Determinism

نعناع (نبات) — *Mentha*

نقص فى درجة التشبع	Saturation deficit
نقطة التجمد	Freezing point
نقطة التعويض	Compansation point
نفل (نبات)	*Trifolium pratense*
نوع	Species
نيتروباكتر	Nitrobacter
نتروجين	Nitrogen

- هـ -

هائمات حيوانية	Zooplanktons
هالوك (نبات)	*Orobanche*
هدال (نبات)	*Loranthus curviflorus*
هوائم عوالق	Planktons
هيدروجين	Hydrogen
هيكورى (نبات)	*Carya*

- و -

وجود	Presence
وسط بيئى	Habitat
وسط بيئى غير حى	Abiotic environment
وسط بيئى يابس	Terrestial habitat
وسط طبيعى	Physical environment
وسطى	Mesic
وضع تصنيفى	Taxonomic position
وفاء (ولاء)	Fidelity

- ى -

يومى	Diurnal

Vernalization	ارتباع
Vernal aspect	مظهر ربيعى
Vigour	قوة
Viscum album	دبق (نبات)
Visible light	ضوء مرئى
Vitality	حيوية
Vitis	عنب (نبات)

W

Water potential	جهد مائى
Water holding capacity	سعة مائية
Water relationships	علاقات مائية
Wavelength	طول الموجة
Weathering	تجوية
Wilting coefficient	معامل الذبول
Wind	رياح

X

Xerophytes	نباتات جفافية
Xerosere	تعاقب فى وسط جاف

Z

Zooplanktons	هائمات حيوانية

Submerged plants	نباتات مغمورة
Subtropical belt	نطاق شبه مدارى
Succulent plants	نباتات عصارية
Succession	تعاقب
Sulpher	كبريت
Swamp plants	مستنقعات قصبية
Symbiosis	تكافل
Symbiotic	تكافلى
Synecology	بيئة اجتماعية
Synthetic	تركيبى
Synthetic characteristics	خصائص تركيبية

T

Taiga	مناطق التيجا
Taxanomic position	وضع تصنيفى
Temperate belt	نطاق معتدل
Temperate deciduous forests	غابات معتدلة متساقطة الأوراق
Temperature	حرارة
Temperature stress	إجهاد حرارى
Terrestial habitat	وسط بيئى يابس
Terrestial radiation	إشعاع أرضى
Thermoperiodism	تواقت حرارى
Thermosphere	ثيرموسفير
Therophytes	حوليات نباتية
Tilia	زيزفون (نبات)
Tolerance	تأقلم (تواؤم)
Tortula	تورتولا (نبات)
Toxic materials	مواد سامة
Transect	قطاع
Transect method	طريقة القطاع
Transmission	مرور (عبور)
Transpiration	نتح
Transported soil	تربة منقولة
Tribulus terrestris	ضريسة (نبات)
Trifolium pratense	نفل (نبات)
Trophic level	مستوى غذائى
Trophic structure	تركيب غذائى
Tropical belt	نطاق مدارى
Tropical rain forest	غابات استوائية مطيرة
Tundra	تندرا
Typha	بوط (نبات)

U

Ultraviolet light	أشعة فوت البنفسجية
Unpalatable	غير مستحبة الرعى
Unvisible	غير مرئى

V

Vaccinum myrtilis	فكسينيوم (نبات)
Vanilla	فانيـلا
Vascular plant species	أنواع نباتية وعائية
Vegetation	كساء خضرى
Verbascum	فيرباسكم

R

Radioactive material	مواد مشعة
Rain fall	مطر
Reduction	اختزال
Reflection	انعكاس
Relative humidity	رطوبة نسبية
Renewable resources	موارد متجددة
Residual soil	تربة ثابتة
Respiration	تنفس
Rhizobium	ريزوبيم (نبات)
Running water	مياه جارية

S

Salix	صفصاف (نبات)
Salsola Kali	سلصويا كيلى (نبات)
Salt spray	رذاذ ملحى
Sand	رمـل
Sandy loamy soil	أراض طمى رملية
Sandy soil	أراض رملية
Saprophytes	كائنات مترممة
Saturation capacity	سعة التشبع
Saturation deficit	نقص فى درجة التشبع
Savana	سافانا
Sciophytes	نباتات محبة للظل
Scrophulariaceae	فصيلة حنك السبع
Secandary succession	تعاقب ثانوى
Serotonial aspect	انطباع (مظهر) صيفى متأخر
Shade tolerance	تحمل الظل
Short day plants	نباتات النهار القصير
Shrubs	شجيرات
Silt	طمى
Sinapis arvensis	خردل (نبات)
Slope	انحدار
Soil	تربة (أراض)
Soil aeriation	تهوية التربة
Soil fertility	خصوبة التربة
Soil formation	تكوين التربة
Soil origin	منشأ التربة
Soil profile	مقطع التربة
Soil solution	محلول التربة
Soil texture	قوام التربة
Soil water	ماء التربة
Soil water content	محتوى مائى للتربة
Species	نـوع
Species ecology	بيئة النوع
Spectroscope	مطياف
Spores	أبـواغ
Stable community	مجتمع مستقر
Standing crop	محصول قائم
Static	استاتى
Steady state	حالة ثبات
Stomata	ثغـور
Stratification	طبقية
Stratosphere	ستراتوسفير

Phenology ظاهرية (فينولوجيا)
Phenotypic form مظهر عام
Phosphorous فوسفور
Photographic charts خرائط فوتوغرافية
Photographic method طريقة التصوير الفوتوغرافى
Photoperiodism تواقت ضوئى
Photosynthesis بناء ضوئى
Phototropism انتحاء ضوئى
Phragmites غاب (نبات)
Physical environments وسط طبيعى
Physical erosion تحات فيزيائى
Physiology علم وظائف الأعضاء
Physiognomy مظهر عام
Physiographic factors عوامل التضاريس
Phytoedaphon نباتات دقيقة تعيش فى التربية
Phytoplanktons عوالق مائية
Pinus صنوبر (نبات)
Pioneer communitis مجتمعات رائدة
Planktons هوائم (عوالق)
Plantago لسان الحمل (نبات)
Plant نبات
Plant ecology بيئة نباتية
Poa بوا (نبات)
Polar belts نطاقات قطبية
Pollination تلقيح
Pollution تلوث
Polygonum بوليجونم (نبات)
Polytrichum بوليتريكم (نبات)
Population تجمع
Population ecology بيئة اجتماعية (بيئة التجمع)
Plopulus حور
Positive energy balance ميزان طاقة موجب
Possibilism نظرية الإمكانية (إمكانية)
Potamogeton لسان البحر (نبات)
Presence وجود
Prevernal aspect انطباع ربيعى مبكر
Primary أولى
Primary succession تعاقب أولى
Probabilism احتمالية
Producer كائن منتج
Production إنتاج
Productivity إنتاجية
Psammosere تعاقب فى منطقة رملية
Pyramids of numbers أهرام عددية
Pyramids of biomass أهرام الكتلة الحية
Puccinia graminis فطر صدأ القمح

Q

Quadrat method طريقة المربعات
Qualitative characters صفات كيفية
Quantitative characters صفات كمية
Querecus بلوط (نبات)

Medicago	برسيم (نبات)
Mentha	نعناع (نبات)
Mesic	وسطى
Mesosphere	ميزوسفير
Mesosphytes	نباتات وسطية
Microclimate	مناخ دقيق (موضعى)
Microhabitat	موطن دقيق (بيئة موضعية)
Microorganisms	كائنات دقيقة
Mineral material	مواد معدنية
Minimal area	مساحات صغرى
Molecular biology	بيولوجيا جزيئية
Mosses	حزازيات
Mutualism	تقايض (مبادلة)
Mycorrhiza	فطريات جذرية

N

Natural resources	مصادر طبيعية
Negative energy balance	ميزان طاقة سالب
Nektons	سابحات
Nepenthes	نبنيثيس (نبات)
Net community production	إنتاج صافى للمجتمع
Nitrobacter	نيتروباكتر
Nitrogen	نتروجين
Nitrogen fixation	تثبيت النتروجين
Non - available water	ماء غير متاح
Non - renewable resources	موارد غير متجددة
Nutrient cycling	دورة العناصر
Nymphaea	بشنين (نبات)

O

Orobanche	هالوك (نبات)
Orchidaceae	الفصيلة السحلبية
Organic matter	مادة عضوية
Organism	كائن حى
Osmotsic pressure	ضغط أسموزى
Overpopulation	تضخم سكانى
Oxidation	تأكسد (أكسدة)
Oxygen	أكسجين
Ozone layer	طبقة الأوزون

P

Parasite	طفيل
Parasitism	تطفل
Parent rock	الصخرة الأم
Pattern	نسق
Pedosphere	قشرة أرضية
Pelagic zone	منطقة أوقيانوسية
Perennials	نباتات معمرة
Periodicity	موسمية
Permanent wilting	ذبول دائم
Permanent quadrat	مربع مستديم
Pesticides	مبيدات آفات
Phanerophytes	نباتات أجزاؤها التجديدية ٢٥سم فوق سطح الأرض

Harvest	جنى المحصول
Heat radiation	إشعاعات حرارية
Heliophytes	نباتات محبة لضوء الشمس
Hemicryptophytes	نباتات أجزاؤها التجديدية عند سطح الأرض
Herbivores	آكلات العشب
Herbs	أعشاب
Heterotrophs	غير ذاتي التغذية
Hibernal aspect	مظهر (انطباع) شتوى
Homoetherms	كائنات ثابتة الحرارة
Host	عائل
Humidity	رطوبة
Humus	دبال
Hydration	تميؤ
Hydrogen	هيدروجين
Hydrological cycle	دورة الماء
Hydrolysis	تحلل مائى
Hydrophytes	نباتات أجزاؤها التجديدية تحت الماء
Hydrosere	تعاقب فى بيئة مائية
Hydrosphere	غلاف مائى
Hygroscopic water	ماء هيجروسكوبى

I

Importance value	قيمة الأهمية (القيمة الهامة)
Indirectional changes	تغيرات غير توجيهية
Infrared	دون حمراء
Internal dew	ندى داخلى
Interspecific association	ترابط بين الأنواع
Ionosphere	أيونوسفير

J

Juncus	أسـل

L

Lathyrus	بسلة الزهور (نبات)
Latitude	خط عرض
Lianas	نباتات متسلقة
Lichens	أشن
Life form	طرز الحياة
Light saturation	تشبع ضوئى
Limiting factors	عوامل محددة
Lithosere	تعاقب على صخر جاف
List count quadrat	مربع القائمة العددية
Litter	ركام
Loamy soil	تربة صفراء
Long day plants	نباتات النهار الطويل
Loranthus Curviflorus	هدال (نبات)

M

Marine habitat	بيئة بحرية
Meadow grasses	مروج
Mechanism of stomatal Regulation	آلية تنظيم الجهاز الثغرى

Epiphytes — نباتات عالقة
Epizoochores — انتقال عبر الالتصاق بجسم الحيوان
Erosion — تعرية (تآكل)
Etiolation — شحوب كلوروفيلى
Eucalyptus — كافور (نبات)
Evaporative power — قوة تبخيرية
Evergreen plants — نباتات مستديمة الخضرة
Exosphere — اكسوسفير
Exposura — تعرض
External dew — ندى خارجى
Extrophic mycorrhiza — فطريات جذرية خارجية

F

Fabaceae — الفصيلة البقولية
Fagus — زان (نبات)
Feeble — ضعيف
Fenced transect — قطاع معزول
Festuca — فستوكا (نبات)
Fidelity — وفاء (ولاء)
Field capacity — سعة حقلية
Floating plants — نباتات طافية
Florestic composition — تكوين نباتى
Fluctuations — تقلبات
Foliose lichens — أشن ورقية
Food — غذاء
Food chain — سلسلة غذائية
Food web — شبكة الغذاء
Forest climax stage — طور الغابة الذروى
Fraxinus — مران (نبات)
Free water table — ماء أرضى حر
Freezing point — نقطة التجمد
Frequency — تردد
Fresh water habitat — بيئة المياه العذبة
Fruticose lichens — أشن شجرية
Fungi — فطريات

G

Gas exchange — تبادل الغاز
Geophytes — نباتات أجزاؤها التجديدية تحت سطح الارض
Glacial — تربة مترسبة عن طريق الثلوج
Glaciers — أنهار جليدية (مجمدات)
Grassland — أرض الحشائش
Gravel — حصى
Gravitational water — ماء الجاذبية الأرضية
Gravity — جاذبية أرضية
Grazing — رعى
Gross primary production — إنتاجية أولية
Growing season — فصل النمو
Growth form — مظهر النمو
Guard cells — خلايا حارسة

H

Habitate — وسط بيئى
Halosere — تعاقب فى بيئة ملحية

Cover	غطاء
Crimmia	حزاز اسود (نبات)
Crustose lichens	أشن قشرية
Cuscuta	حامول (نبات)
Cushion plants	نباتات وسادية (مفترشة)
Cut and weight quadrat	مربع القطع والوزن
Cycle	دورة
Cycling of materials	دورة سريان المواد
Cyperus	سعد (نبات)
Cystopus candida	سيستوبس كانديدا
Cytoplasmic streaming	حركة دورانية للستيوبلازم
Cytology	علم الخلية

D

Daily rhythm	معدل يومى
Deciduous forests	غابات متساقطة الأوراق
Decomposer	محلل
Deformation	تشوه
Dehydration	نزع الماء
Density	كثافة
Desert	صحراء
Desert ephemerals	حوليات صحراوية
Desertification	تصحر
Dessication	تجفيف
Determinism	نظرية الحتمية
Developmental	تطورى
Dew	ندى
Directional changes	تغيرات توجيهية
Diurnal	يومى
Dominance	سيادة
Drought	جفاف
Dynamic	دينامى

E

Ecological factors	عوامل بيئية
Ecological pyramids	أهرام بيئية
Ecological range	مجال بيئي
Ecology	علم البيئة
Ecotypes	أنماط بيئية
Ecosystem	نظام بيئى
Ecosystem ecology	بيئة النظام البيئى
Edaphic factors	عوامل التربة
Electromagnetic waves	موجات كهرومغنطيسية
Elevation	ارتفاع
Elodea	إلوديا
Endophytes	نباتات تعيش داخل نباتات أخرى
Endotrophic mycorrhiza	فطريات جذرية داخلية
Endozoochores	انتقال عبر الجهاز الهضمى للحيوان
Energy balance	توازن الطاقة
Environmental sciences	علوم بيئية
Eolian	تربة مترسبة عن طريق الرياح
Ephemerals	نباتات موسمية
Contenental sheft	رصيف قارى

Benthos	قاعيات
Biogeochemical cycle	دورة بيوجيوكيميائية
Biokliotherms	كائنات متغيرة الحرارة
Biological effects	تأثيرات بيولوجية
Biological spectrum	طيف بيولوجي
Biomass	كتلة حية
Biomes	مناطق أحيائية
Biosphere	محيط حيوى
Biotic community	مجتمع أحيائى
Biotic component	مكون حى
Biotic factors	عوامل أحيائية
Bisect	قطاع ثنائى
Bomb colorimeter	مسعر الاحتراق
Bougainvillea	جهنمية (نبات)
Breakage	تكسر
Bromus catharticus	برومس كاثرتيكس

C

Calamus	كالامس (نبات)
Competition	منافسة
Carex	كاركس (نبات)
Carya	هيكورى (نبات)
Capillary water	ماء شعرى
Carbon	كربون
Carbonation	تفحم
Carbon cycle	دورة الكربون
Carnivores	آكلات اللحوم
Castalia	كاستاليا (نبات)
Ceratophyllum	نخشوش الماء
Chamaephytes	نباتات ذات أجزاء تجديدية فوق سطح الأرض
Characteristics	خصائص
Characteristic species	أنواع مميزة
Chart quadrat	مربع مرسوم
Chemical erosion	تحات كيميائى
Chloroplast structure	تركيب البلاستيدات الخضراء
Chlosteridium	كلوستريديم
Clay	طين
Clay loamy soil	أراض طمى طينية
Clay soil	أراض طينية
Clematus	كليماتس (نبات)
Climatic factors	عوامل مناخية
Climax community	مجتمع الذروة
Colluvial	تربة مترسبة عن طريق الجاذبية
Combined water	ماء متحد
Commensalism	معايشة
Community	مجتمع (عشيرة)
Community change	تغير المجتمع
Community ecology	بيئة المجتمع
Compansation point	نقطة التعويض
Cold belt	نطاق بارد
Consumers	كائنات مستهلكة

إنجليزى / عربى

A

Abiotic component	مكون غير حى
Abiotic environment	وسط بيئي غير حى
Abrasion	برى
Absintine	أبسنتين
Absolute humidity	رطوبة مطلقة
Absorption	امتصاص
Abyssal plain	سهل قاعى
Acacia	سنط (سيال) (نبات)
Acer	قيقب (نبات)
Activity rate	معدل النشاط
Aestival aspect	انطباع (مظهر) صيفى
Algae	طحالب
Allelopathy	أليلية
Altitude	ارتفاع (عن سطح البحر)
Analytical	تحليلى
Animal	حيوان
Animal ecology	بيئة حيوان
Annual	حولى
Annual net production	إنتاج سنوى صافي
Antibiotics	مضادات حيوية
Aquatic habitat	بيئة مائية
Artemisia absinthium	شيح مر (نبات)
Artiplex	قطف (نبات)
Aspection	انطباع (مظهر)
Atmosphere	غلاف جوى
Autoecology	بيئة ذاتية
Autotroph	ذاتى التغذية
Autumnal	خريفى
Available water	ماء متاح
Avoidance	تجنب
Azotobacter	أزوتو باكتر (بكتريا تثبت النيتروجين)

B

Bacteria	بكتريا
Basal area	مساحة القاعدة
Belt transect	قطاع حزامى

الكشــــاف